

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ»**

МГТУ МИРЭА

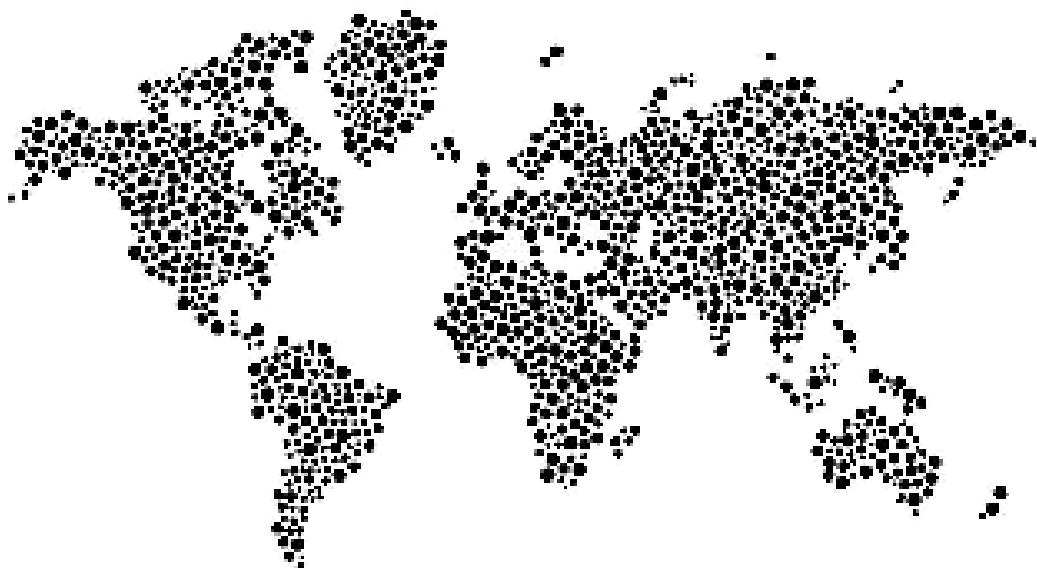
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть 1

**I-ой Международной
научно-практической конференции**

**«Актуальные проблемы и перспективы развития
радиотехнических и инфокоммуникационных
систем»**

«РАДИОИНФОКОМ – 2013»



МОСКВА 2013

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики» (МГТУ МИРЭА), Москва, Россия

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина

Карлстадский университет, Карлстад, Швеция

Вильнюсский университет, Вильнюс, Литва

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва, Россия

ОАО «Главное системное конструкторское бюро Концерна ПВО «Алмаз-Антей» им. академика А.А. Расплетина», Москва, Россия

ФГУП «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А.И. Берга», Москва, Россия

ОАО «Концерн радиостроения «ВЕГА», Москва, Россия

ОАО «Научно-производственный комплекс «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи», Москва, Россия

НТЦ «Космонит» ОАО «Российские космические системы», Москва, Россия

ОАО «Оборонительные системы», Москва, Россия

НП «Международный комитет по реализации Проекта по созданию Международной Аэрокосмической системы Глобального Мониторинга», Москва, Россия

Российский союз промышленников и предпринимателей, Москва, Россия

Федеральный индустриально-финансовый союз по реализации президентских программ, Москва, Россия

Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, Москва, Россия

Сборник научных трудов

Первой Международной научно-практической
конференции «Актуальные проблемы и перспективы
развития радиотехнических и инфокоммуникационных
систем»

Часть 1



РАДИОИНФОКОМ – 2013

*28-30 марта 2013 года
Россия, г. Москва*

ББК
И
УДК

В сборнике представлены материалы докладов Первой Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем", отражающие результаты и направления теоретических и прикладных исследований в различных областях построения радиотехнических и телекоммуникационных систем.

Материалы сборника представляют интерес для широкого круга научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов ВУЗов, связанных с решением проблем построения современных радиотехнических и инфокоммуникационных систем, управления их качеством, а также проблем подготовки профессиональных кадров для наукоемких отраслей промышленности.

Все материалы даются в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

Куликов Г.В., Трубицын А.В., Битюков В.К., Нефедов В.И., Парамонов А.А.,
Замуруев С.Н., Котов А.Ф., Будагян И.Ф., Гусейн-Заде Н.Г., Сидорин В.В.,
Бородин А.М., Меньшиков В.А., Ручкина Г.Ф., Чернова Н.И., Самохин А.Б.,
Шестопапов Ю.В.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Сопредседатели:

Гуляев Ю.В. - директор ИРЭ имени В.А. Котельникова РАН, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор;

Сигов А.С. - ректор МГТУ МИРЭА, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор.

Члены оргкомитета:

Верба В.С. - генеральный директор - генеральный конструктор ОАО "Концерн радиостроения "ВЕГА", д.т.н., профессор;

Куликов Г.В. - декан факультета РТС МГТУ МИРЭА, д.т.н., профессор;

Лобанов Б.С. - генеральный директор, ФГУП "ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга", д.т.н., доцент;

Меньшиков В.А. - генеральный директор Международного комитета по реализации Проекта по созданию Международной Аэрокосмической системы Глобального Мониторинга, д.т.н., профессор;

Морозов А.И. - проректор по научной работе МГТУ МИРЭА, д.ф.-м.н., профессор;

Романов А.Б. - генеральный директор ОАО "Оборонительные системы", к.т.н.;

Самсонов Г.А. - вице-президент РНТОРЭС им. А.С. Попова, к.т.н., доцент;

Сапрыкин С.Д. - генеральный конструктор ОАО НПК НИИДАР, к.т.н., профессор;

Сахновский Б.С. - президент федерального индустриально-финансового союза по реализации и президентских программ;

Сидорин В.В. - проректор по качеству МГТУ МИРЭА, зав. кафедрой КПрЭС, д.т.н., профессор;

Слипченко Н.И. - проректор по научной работе Харьковского национального университета радиоэлектроники, д.т.н., профессор;

Созинов П.А. - генеральный конструктор ОАО ГСКБ Концерна "Алмаз-Антей" им. академика А. А. Расплетина, д.т.н.;

Черепов В.И. - заместитель председателя РСПП, к.т.н.;

Чернявский Г.М. - директор НТИ Космонит ОАО "Российские космические системы", чл.-корр. РАН, зав. кафедрой КИТ МГТУ МИРЭА, д.т.н., профессор.

Рабочая группа

Трубицын А.В. (руководитель), Васильев В.О., Джурик А.С., Кислаев А.Г., Легкий Н.М., Розанов В.С., Спиричев Д.Л., Хайбуллин М.Р.

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО РЕКТОРА МГТУ МИРЭА

Оргкомитет Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем" приветствует участников и гостей научного форума в стенах Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики.

Цель конференции - обсуждение проблем, направлений и перспектив развития и совершенствования одного из важнейших кластеров мировой экономики - радиоэлектронной и телекоммуникационной отраслей, обеспечивающих функционирование всех жизненно важных элементов государственной инфраструктуры гражданского и оборонного назначения.

МГТУ МИРЭА - признанный в России и в мире современный образовательный и научно-исследовательский центр, сочетающий в своей работе классические университетские традиции и современные образовательные технологии, являющийся сегодня одним из лидеров в области подготовки квалифицированных кадров для стремительно развивающихся наукоемких отраслей - телекоммуникаций, информационных компьютерных технологий, автоматики, кибернетики, радиотехники и электроники.

Мы придаём большое значение развитию и углублению научных, образовательных и деловых связей с российскими и зарубежными партнерами, имеем далеко идущие планы по расширению сотрудничества в научно-технической сфере и надеемся, что конференция позволит всем её участникам реализовать задуманное.

Среди соорганизаторов конференции – наши зарубежные коллеги-университеты: Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Карлстадский университет (Карлстад, Швеция), Вильнюсский университет, академический партнер - Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, предприятия-партнеры МГТУ МИРЭА: НТЦ "Космонит" ОАО "Российские космические системы", ОАО "Головное системное конструкторское бюро Концерна ПВО "Алмаз-Антей" им. академика А.А. Расплетина", ФГУП «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А.И. Берга», ОАО «Концерн радиостроения «ВЕГА», ОАО "Научно-производственный комплекс "Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи", ОАО «Оборонительные системы», НП "Международный комитет по реализации Проекта по созданию Международной Аэрокосмической системы Глобального Мониторинга", общероссийские общественные организации «Российский союз промышленников и предпринимателей» и «Федеральный индустриально-финансовый союз по реализации президентских программ».

Нынешняя конференция является первым мероприятием этого научного цикла. Надеемся, что она даст хороший старт и сформирует правильный вектор дальнейшего развития.

Ректор МГТУ МИРЭА,
академик РАН

А.С. Сигов

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК: 629.7.058.53

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ РАДИОУПРАВЛЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Верба В.С., д.т.н., профессор, генеральный директор - генеральный конструктор ОАО «Концерн радиостроения «Вега», Москва, Россия

Меркулов В.И., д.т.н., профессор, заместитель генерального конструктора ОАО «Концерн радиостроения «Вега», Москва, Россия

Анализ изменения взглядов на способы и приемы ведения боевых действий в условиях бесконтактных сетецентрических войн позволяет выделить ряд ключевых направлений, непосредственно влияющих на облик средств ВКО и бортовых систем радиоуправления.

Среди этих направлений, прежде всего, необходимо отметить:

- возможность нанесения ударов по любому участку территории противника;
- преобладание роли групповых действий как средств нападения, так и защиты;
- перенос центра тяжести ведения боевых действий на беспилотные летательные аппараты (БЛА);
- расширение номенклатуры территориально распределенных (многопозиционных) информационно-управляющих систем (ИУС), объединенных в локальные и глобальные сети;
- появление новых видов боевой техники с качественно новыми свойствами — сверхманевренные (СМЛА) и гиперзвуковые (ГЗЛА) летательные аппараты, сверхскоростные наземные и надводные объекты;
- усиление роли информационного превосходства.

К сожалению, необходимо отметить, что к настоящему времени по всем этим направлениям отсутствуют фундаментальные теоретические наработки, позволяющие предприятиям ОПК решать прикладные вопросы создания ИУС следующего поколения.

Первая особенность — в приложении к Российской Федерации с ее огромной территорией и информационной необеспеченностью северных областей — предопределяет необходимость использования высокомобильных информационно-управляющих полей и качественного уменьшения временного интервала между получением разведданных и принятием решения о применении средств поражения.

Наиболее рациональным средством решения этой проблемы является использование авиационных комплексов радиолокационного дозора и наведения (АК РЛДН) различной значимости: стратегических, оператив-

ных и тактических на базе различных типов носителей.

К наиболее необходимым направлениям теоретических исследований ближайшего будущего относятся:

- переработка базовых соотношений, лежащих в основе оптимизации методов наведения и алгоритмов сопровождения;
- разработка математического аппарата синтеза управления большими группами объектов с оптимизацией коллективных интересов;
- разработка способов оптимизации информационных потоков в сложных ИУС;
- управление первичными информационными полями;
- развитие теории отождествления информации от разных источников;
- разработка научно обоснованных сценариев использования новых средств поражения и их группового применения.

Необходимость разработки нового математического аппарата синтеза управления большими группами ЛА обусловлена невозможностью использования для этих целей классической теории оптимального управления из-за «проклятия размерности».

В связи с этим нужны новые подходы к решению высокоразмерных задач с оптимизацией групповых интересов.

Широкое использование территориально распределенных (многопозиционных) ИУС различного назначения чрезвычайно обостряет проблему управления в них информационными потоками. Решение этой проблемы включает:

- формализацию информационных потоков, обоснование критериев и показателей качества управления;
- распределение функций между позициями;
- управление способами информационного взаимодействия отдельных позиций многопозиционных ИУС;
- управление составом и режимами работы информационных датчиков;
- управление радиоэлектронной защитой (РЭЗ);
- управление электромагнитной совместимостью с построением гибких диаграмм работы, адаптирующихся к условиям функционирования во временной, частотной и пространственной областях;
- отождествление информации, приходящей от различных позиций;
- управление алгоритмическими воздействиями на вычислительные системы противоборствующей стороны.

Рассмотрим более подробно некоторые из них.

К основным направлениям прикладных исследований относятся:

- разработка алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений;
- разработка упрощенных алгоритмов адаптивной фильтрации;
- разработка эффективных алгоритмов отождествления информации от разнородных источников;
- разработка алгоритмов оценивания в условиях «роя»;

- разработка алгоритмов совместной обработки информации, поступающей от космических, воздушных и наземных источников;
- разработка алгоритмов управления в робототехнических группах БЛА различного назначения;
- разработка процедур высокоточной синхронизации позиций.

Все более возрастающую роль в рамках сетецентрических бесконтактных войн играют БЛА различного назначения. Однако на сегодняшний день отсутствуют сценарии применения и соответственно алгоритмы управления большими группами БЛА с оптимизацией коллективных интересов.

Решение указанных задач теоретического и прикладного планов позволит создать перспективную систему радиоуправления, способную обеспечить в техническом плане:

- траекторное управление наблюдением в рамках совместного управления ЛА и его информационными системами;
- управление позициями в составе многопозиционных ИУС с оптимизацией групповых интересов;
- управление большими группами (роями) ЛА;
- управление отдельными элементами распределенных робототехнических систем;
- наведение повышенной скрытности групп ЛА как на отдельные цели, так и на их группы с оптимизацией коллективных интересов;
- более совершенные методы наведения на сверхманевренные и гиперзвуковые цели;
- комбинированное управление, обеспечивающее совместно согласованное командное и самонаведение;
- внедрение в практику функционирования систем ВКО высокоточной системы единого времени.

Необходимо подчеркнуть, что в рамках глобальной сетецентрической ИУС ключевую роль ее ядра (узла) наиболее приспособлены играть различные модификации АК РЛДН с широко разветвленной системой связи с объектами космического, воздушного и наземного базирования.

Тенденции дальнейшего развития систем радиоуправления в условиях сетецентрических войн, направлены на одновременное улучшение всех их системных показателей: эффективности функционирования, живучести, информативности, динамичности и чувствительности к изменению условий функционирования.

Практически единственным способом одновременного улучшения всех их системных показателей является переход к многопозиционным РЛС (МП РЛС), в которых несколько пространственно разнесенных приемников и передатчиков функционируют как единое целое.

Давая огромные преимущества, МП РЛС требуют усложнения алгоритмов функционирования, связанных с необходимостью управления пространственным положением позиций, выбором режимов работы (активный, полуактивный, пассивный), выбором приоритетного источника информа-

ции, ее отождествлением, синхронизацией и ряда других.

Грош цена любой эффективности, если РЛС не обладает живучестью.

Устойчивой тенденцией развития бортовых РЛС является повышение их информативности, обусловленное способностью извлекать все больший объем информации из радиосигналов.

Даже краткий обзор задач по совершенствованию систем радиоуправления, подлежащих решению в ближайшее время, свидетельствует о необходимости проведения большого объема НИР и ОКР.

Для решения задачи устойчивого сопровождения нужно обеспечить согласование динамических свойств БРЛС и целей, суть которой состоит в ее способности реагировать на пространственные эволюции цели и носителя. Для обеспечения устойчивого высокоточного сопровождения СМЛА и ГЗЛА необходимы новые алгоритмы обнаружения, учитывающие ускорение, и более широкий состав оцениваемых координат, включающий кроме традиционных дальности, скорости сближения и угловых координат и их первые и вторые производные. Этого же требует и необходимость информационного обеспечения новых, более сложных методов наведения на сверхманевренные и гиперзвуковые цели. Проведенные предварительные исследования подтвердили возможность решения этой задачи.

Обобщенный перечень задач, которые необходимо решить для создания БРЛС в составе систем радиоуправления нового поколения, включает:

1. Обнаружение интенсивно маневрирующих целей (ИМЦ) на уровне естественного фона, обеспечивающее увеличение дальности действия БРЛС.
2. Быстрое высокоточное сопровождение одиночных ИМЦ, обеспечивающее согласование динамичности БРЛС с динамичностью целей и носителей.
3. Распознавание вплоть до типа целей.
4. Разработку более совершенных алгоритмов многоцелевого сопровождения в условиях групповых действий.
5. Использование многопозиционного принципа построения БРЛС, обеспечивающего одновременное улучшение эффективности, живучести и информативности.
6. Разработку алгоритмов управления информационными потоками в многопозиционных и интегрированных БРЛС.
7. Усиление роли пассивных режимов работы БРЛС.
8. Использование режима электромагнитного оружия для защиты от наводимых ракет.
9. Разработку средств защиты от СВЧ оружия функционального поражения.
10. Встраивание РЛС в сетевые ИУС.

В заключение необходимо отметить, что без расширения количества поисковых НИР мы не сможем получить серьезного научного задела, особенно на дальнюю перспективу. В связи с этим, особенно актуальной становится задача объединения усилий по созданию научного задела для решения задач создания новых систем радиоуправления.

ТЕНДЕНЦИИ И ПРИОРИТЕТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СУБМИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛНАХ

Козлов Г.В.

Предсказание перспективных направлений научных исследований исключительно сложное дело, далеко не всегда достигающее успеха. Тем не менее, оно приобретает все большую значимость в условиях удорожания исследований, повышения их темпов, а также важности использования достигнутых результатов. Прогнозирование обычно базируется на результатах сравнительно анализа тематической динамики публикаций или докладов на конференциях. Анализировать доклады удобнее в силу их сосредоточенности в трудах и дайджестах конференций.

В области СБММ волн самыми представительными и всеобъемлющими по тематике являются Международные конференции по инфракрасным (ИК), миллиметровым (ММ), субмиллиметровым (СБММ) и терагерцовым (ТГц) волнам - IRMMW – THz.

Работы по освоению нового участка электромагнитного спектра всегда содержит три сегмента, развивающиеся взаимосвязано и в определенной последовательности, это техническое оснащение, научные исследования и приложения.

На СБММ волнах развитие сегмента технологического оснащения имеет две явно выраженные особенности. Во-первых, оно оказалось весьма продолжительным по времени – более сотни лет, а во-вторых, весьма многоплановым по подходам и физическим основам.

Работы по развитию второго сегмента – научные исследования – также имеют столетнюю историю. Первый революционный шаг в становлении научных исследований на СБММ волнах связан с созданием фурье-спектрометров. Их начальное развитие было замедленным из-за проблем обработки данных. Только с появлением встраиваемых компьютеров эти приборы нашли массового потребителя. На сегодня они являются самыми удобными приборами для регистрации панорамных спектров образцов в широчайшем диапазоне - от оптики до СБММ волн.

Развитая в нашей стране монохроматическая ЛОВ-спектроскопия является на сегодня самым эффективным методом исследования электродинамических свойств веществ во всех четырех агрегатных состояниях [1, 2]. Сравнительно быстро прошли путь от идеи до внедрения спектрометры на основе фотоэлектрического преобразования фемтосекундных лазерных импульсов в СБММ излучение, получившие в иностранной литературе трудно переводимое название – time domain laser based systems [3]. Здесь все определялось стремительным прогрессом в создании компактных и дешевых фемтосекундных лазеров. По своим возможностям данное техническое направление занимает промежуточное положение между фурье- и ЛОВ-спектроскопией. С одной стороны реализуется широкодиапазонность - от

сотни ГГц до нескольких ТГц, а с другой неплохое спектральное разрешение на уровне 10^{-2} при динамическом диапазоне по сигналу в 30 дБ.

Многие перспективные направления СБММ научных исследований были сформулированы уже на ранних стадиях освоения обсуждаемого участка спектра. Большая часть из них относилась к спектроскопии твердого тела. Это сегнетоэлектричество, ферромагнетизм, ионная проводимость, сверхпроводимость, локализованные возбуждения в полупроводниках и сильно коррелированных системах. Все эти предвидения оправдались в полном объеме [2-4]. Так в сегнетоэлектриках и антиферромагнетиках обнаружены и детально изучены неустойчивые решеточные возбуждения – мягкие моды. В сверхпроводниках обнаружена энергетическая щель в спектре возбуждения носителей тока. В полупроводниках наблюдаются и изучены экситонные и плазменные возбуждения. В ионных проводниках исследованы механизмы электропроводности. Дополнительные направления спектральных работ открываются с созданием новых искусственных материалов, таких как гетероструктуры, метаматериалы, наноматериалы [4].

По-видимому, можно утверждать, что на сегодня наибольший успех в приложениях СБММ волн достигнут именно в спектроскопии твердого тела. Есть уверенность, что и в дальнейшем это направление работ окажется плодотворным.

Принципиально новым и, несомненно, перспективным направлением спектроскопии являются ультрабыстрые измерения, направленные на изучение кинетики химических реакций и переходных явлений в твердом теле.

Большие ожидания связаны с СБММ астрономией. Созданные уникальные телескопы наземного и космического базирования уже обогатили наши знания о рождении и развитии Вселенной. Главные же открытия еще впереди.

Обратимся теперь к практическим приложениям. Программы конференций IRMMW демонстрируют просто удивительное многообразие приложений СБММ волн. Они простираются от космической до пищевой промышленности, от медицины до искусства, от полупроводниковой до деревообрабатывающей техники. В большинстве случаев работы носят поисковый, не систематический характер и ни одно из применений пока не вышло на уровень массового использования.

СБММ волны наилучшим способом подходят для реализации радиовидения. На длине волны 1 мм можно получить изображение человека и техники достаточно детальное для многих гражданских и военных целей. Существенным при использовании СБММ радиовидения для целей безопасности является высокая прозрачность тканей одежды. Решающим шагом в развитии СБММ радиовидения станет разработка чувствительных, дешевых и простых в эксплуатации матричных приемников излучения. Можно предположить, что в ближайшие пять лет эта задача будет решена. На повестке дня стоит создание СБММ томографов.

Практически все участки электромагнитного спектра оказываются интересными для медицинских применений. Не станет исключением и СБММ

диапазон. Наибольшие ожидания связываются с обнаружением нетепловых механизмов СБММ действия на биологические объекты. В том случае, если это будет достоверно установлено, то данное приложение СБММ волн станет наиважнейшим.

СБММ диапазон, как ни одна другая часть спектра, является самым подходящим для изучения и применения метаматериалов. Обусловлено это тем, что современные технологии микроэлектроники позволяют создавать на подложках матрицы из структур с размерами, много меньшими длины рабочего излучения, в образцах пригодными для квазиоптики - с размерами в 20-50 раз большими длины волны. Такие композиции работают как однородный материал. Уже сейчас предложены и испытаны десятки типов микроструктур, демонстрирующие необычные и многообещающие для практического применения электродинамические свойства, в том числе активные с возможностью электромагнитного управления. Можно предположить, что будут создаваться целые системы, включающие набор таких устройств как фокусаторы, амплитудные и фазовые модуляторы, аттенюаторы, преобразователи поляризации, фильтры, делители мощности и линии передач.

Итак, СБММ диапазон активно осваивается уже полвека и достигнутые успехи позволяют заключить, что современные экспериментальные возможности СБММ техники не уступают соседним участкам спектра, но при этом еще не достигли предела своего развития. Научные приложения СБММ волн позволили решить множество актуальных физических задач и сейчас распространились в биологию, химию, медицину и экологию. Прогнозируются широкие горизонты практического приложения СБММ, но пока результаты здесь не столь впечатляющие. Но нет сомнения, что со временем и в этой области СБММ волны найдут широкое использование в многообразной по своим потребностям нашей жизни и деятельности.

Библиографический список

1. Субмиллиметровая спектроскопия твердого тела, М.: Наука, Труды ИОФАН, 1990. Т. 25. 224 с.
2. G.V.Kozlov and A.A.Volkov, Coherent Source Submillimeter Wave Spectroscopy //Millimeter and Submillimeter Wave Spectroscopy of Solids, Ed. G. Gruner, Topics in Applied Physics, v. 74, Springer, 1998, pp. 51-110.
3. Millimeter and Submillimeter Wave Spectroscopy of Solids, Ed. G. Gruner, Topics in Applied Physics, v. 74, Springer, 1998.
4. Козлов Г. В. Миллиметровые и субмиллиметровые волны – активно развивающаяся область науки и техники // Вестник Концерна ПВО «Алмаз – Антей», 2011, № 1, с. 85–99.

СЕКЦИЯ №1: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОТЕХНИКИ

УДК: 621.311.6

НАГРУЗОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ РЕГУЛИРУЕМОГО DC–DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ MAX1759 С НАКАЧКОЙ ЗАРЯДА

*Битюков В.К., д.т.н., профессор, зав. кафедрой, Богатов А.В., аспирант,
Миронов А.В., студент, Михневич Н.Г., зав. лабораторией,
Петров В.А., д.т.н., профессор
Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Стабилизированные источники вторичного электропитания на базе DC–DC преобразователей с накачкой заряда находят все более широкое применение в устройствах небольшой мощности, особенно в мобильных устройствах, к которым предъявляются высокие требования по величине КПД, малым габаритным размерам и низкой стоимости. Однако литературы по принципам построения и схемным решениям таких преобразователей мало, а имеющиеся публикации не охватывают все типы преобразователей. В каталогах продукции большинства производителей электронных компонентов имеется значительное количество микросхем, предназначенных для построения либо повышающих, либо понижающих, либо полярно-инвертирующих преобразователей. Существенно меньшее количество микросхем позволяет реализовать как повышающее, так и понижающее DC–DC преобразование, причем в этом случае, как правило, на выходе стабилизируется постоянное значение напряжения. И лишь очень ограниченное количество микросхем предназначено для получения регулируемого стабилизированного напряжения на выходе. К числу таких микросхем относится микросхема MAX1759 фирмы Maxim Integrated Products [1].

К сожалению, приводимые в описании этой микросхемы основные технические характеристики и параметры являются далеко не полными и охватывают не все области ее применения. В качестве нагрузочных характеристик дана зависимость выходного напряжения от тока нагрузки лишь для одного значения входного напряжения, равного 2.5 В и фиксированной величины выходного напряжения 3.32 В, хотя микросхема позволяет регулировать выходное напряжение в диапазоне от 2.5 до 5.5 В при любой величине входного напряжения в диапазоне от 1.6 до 5.5 В. Это вызывает

необходимость экспериментального определения полного объема нагрузочных характеристик микросхемы MAX1759.

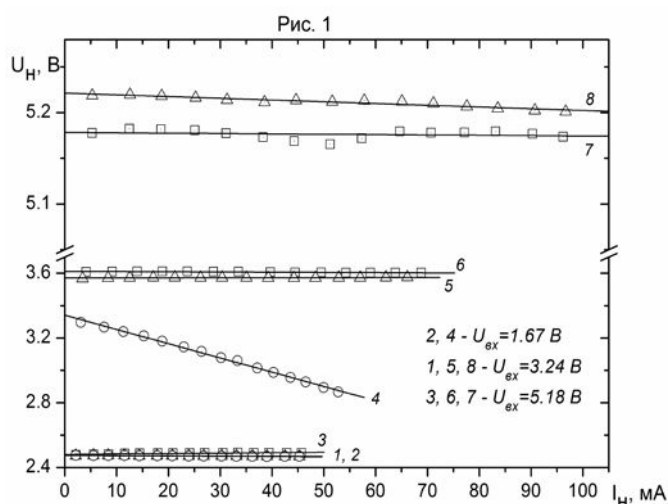
В этой связи нужно было создать аппаратуру, позволяющую получать входные и выходные напряжения в указанных диапазонах и изменять сопротивление нагрузки для получения токов до 100 мА в различных режимах. Такие исследования можно было провести только на автоматизированном стенде с использованием современной измерительной техники. Подробное описание разработанного стенда представлено в [2]. Основой стенда является лабораторный макет, в котором, кроме самого устройства накачки заряда, предусмотрены возможности регулировки и измерения входных и выходных параметров, а также наличие индикации и обеспечение его связи с компьютером. В макете реализован модульный принцип конструирования. В составе макета имеется несколько модулей, находящихся в одном корпусе: модуль питания, модуль управления, входной модуль, модуль накачки заряда, модуль нагрузки и модуль USB. Кроме лабораторного макета в составе стенда имеется измерительное оборудование, включающее мультиметр 34405A фирмы Agilent Technologies и осциллограф GDS-820C компании GW instek. Мультиметр, осциллограф и модуль управления макетом находятся под управлением компьютера типа IBM PC.

Модуль нагрузки выполнен на резистивной матрице R-2R, коммутируемой MOSFET транзисторами, при этом номер нагрузочного резистора отображается на цифровом светодиодном индикаторе. Матрица включает в себя 4 резистора ($R=100\text{ Ом}$), что позволяет получить 15 значений сопротивления нагрузки в диапазоне от 53 до 800 Ом.

На рис. 1 в качестве примера показаны полученные результаты для трех значений входного напряжения $U_{\text{вх}}$: минимального, которое составило

примерно 1.67 В, среднего, составляющего $\sim 3.24\text{ В}$, и максимального $\sim 5.18\text{ В}$. При этом для каждого из приведенных величин входного напряжения значения выходного напряжения $U_{\text{н}}$ при максимальном сопротивлении нагрузки устанавливались примерно равными 2.47 В, 3.6 В и 5.2 В, то есть равными минимальному, среднему и максимальному из возможного диапазона стабилизированного выходного напряжения.

Таким образом, для каждого уровня напряжения на нагрузке получали три нагрузочные характеристики, за исключением режима с $U_{\text{н}} \sim 5.2\text{ В}$, для которого получены только две характеристики, так как при входном напряжении $U_{\text{вх}} \sim 1.67\text{ В}$ этот уровень выходного напряжения не может быть реализован. Линейные зависимости, подобранные по методу МНК, хорошо аппроксимируют экспериментальные точки. Стандартное среднеквадратическое отклонение в основном не пре-



вышает 0.002 В, за исключением режима с $U_{\text{вх}} \sim 1.67$ В и $U_{\text{н}} \sim 3.3$ В. В этом режиме выходное напряжение близко к удвоенному входному, поэтому оно существенно уменьшается с увеличением тока нагрузки.

Проведенные измерения форм переменных составляющих выходного напряжения позволили сделать ряд заключений об алгоритме работы микросхемы. На рис. 2 и 3 в качестве примера показаны формы для двух режимов. В первом из них $U_{\text{вх}}$ составляло ~ 5.2 В, а $U_{\text{н}} \sim 2.5$ В. Формы 1...5 соответствуют значениям $I_{\text{н}}$, равным 2.2, 11.6, 20.9, 30.5 и 45.7 мА. Результаты, показанные на рис. 3, соответствуют $U_{\text{вх}} \sim 3.2$ В и $U_{\text{н}} \sim 5.2$ В. Формы 1...5 соответствуют значениям $I_{\text{н}}$, равным 5.3, 25.3, 44.6, 65.1 и 96.7 мА

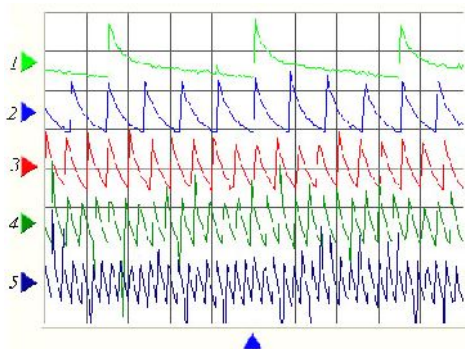


Рис. 2

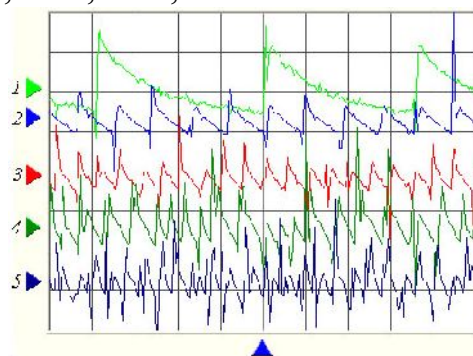


Рис. 3

На обоих рисунках шкала по оси Y составляет 50 мВ/дел, а по оси X шкалы составляют соответственно 50 мкс/дел и 10 мкс/дел.

Анализ всех полученных результатов показал, что как в случае $U_{\text{вх}} > U_{\text{н}}$, когда микросхема MAX1759 работает в режиме управляемого ключа, так и в случае $U_{\text{вх}} < U_{\text{н}}$, где она работает как удвоитель напряжения, стабилизация выходного напряжения осуществляется при помощи накачки заряда с регулируемой частотой, меньшей операционной тактовой частоты, составляющей 1.5 МГц. Это осуществляется за счет пропуска различного количества тактовых импульсов. Для обоих режимов частота накачки заряда существенно изменяется с изменением тока нагрузки, однако в случае $U_{\text{вх}} < U_{\text{н}}$ при одинаковых токах нагрузки частота накачки много больше. Благодаря чередованию активного и ждущего режимов микросхемы, удается обеспечить высокий КПД в большинстве случаев составляющий 0.7...0.8.

Библиографический список

1. Buck/Boost Regulating Charge Pump in μ MAX, MAX1759, Data Sheet 19-1600. – Maxim Integrated Products, 2000, 10 pp.
2. Битюков В.К., Богатов А.В., Михневич Н.Г., Петров В.А. Исследование характеристик стабилизированных источников электропитания, построенных на базе регулируемых DC–DC преобразователей с накачкой заряда // Научные технологии, 2012, т. 13, № 5. - с. 5-15.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРВЫХ НЕТАРИФИЦИРОВАННЫХ СЕКУНД ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДИСТАНЦИОННО ИНФОРМАЦИИ О ТЕМПЕРАТУРЕ

Бартенев В.Г., д.т.н., профессор, Каштанов П.И., студент,

Махов А.И., студент

Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики,

МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Способ дистанционной передачи информации о температуре [1] включает в себя получение информации от дистанционного датчика температуры, ее обработку в микроконтроллере и выдачу микроконтроллером управляющих команд на сотовый телефон. Отличается предложенный способ [1] тем, что запрос об измеряемой температуре представляет собой обычный звонок, который принимается сотовым телефоном. При приеме звонка тональный сигнал от сотового телефона передают через блок сопряжения на вход микроконтроллера, который формирует управляющую команду поднятия трубки сотового телефона и через микрофонный вход с помощью синтезатора речи под управлением микроконтроллера передают информацию о температуре в течении первых нескольких нетарифицированных секунд, после чего микроконтроллер формирует управляющую команду на опускание трубки и переходит в режим ожидания нового звонка-запроса.

С учетом решаемой задачи дистанционное измерение температуры может производиться на любом удалении с помощью сотового телефона любой марки, в наиболее удобном речевом формате, бесплатно, используя тарифный план с нетарифицированным интервалом времени в несколько первых секунд.

Все это позволяет реализовать эффективное дистанционное измерение температуры, когда в любой момент по запросу в виде телефонного звонка получают речевое сообщение об измеренной температуре с минимальными материальными затратами.

Раньше не все сотовые операторы предоставляли бесплатные секунды в начале соединения и для разных тарифных планов они отличались своей продолжительностью. Сейчас в соответствии постановлением №328 Правительства РФ утверждены и введены с 1 июля 2005 года единые для всех сотовых операторов «Правила оказания услуг подвижной связи», которые в п. 31 регламентируют продолжительность нетарифицированных секунд в начале соединения следующим образом: «Соединение продолжительностью менее 3 секунд не учитывается в объеме оказанных услуг подвижной связи». Поскольку речевая фраза, например, «плюс двадцать градусов» укладывается в три секунды, задача состоит лишь в том, как наиболее просто реализовать голосовой сервис сотового телефона. И здесь следует вспомнить, что во всех сотовых телефонах имеется так называемый режим

Hands-Free, в котором к телефону подключается через специальный разъем внешняя гарнитура с телефоном и микрофоном. На рис. 1 изображена типовая схема гарнитуры Hands-Free с разъемом телефона Sony Ericsson.

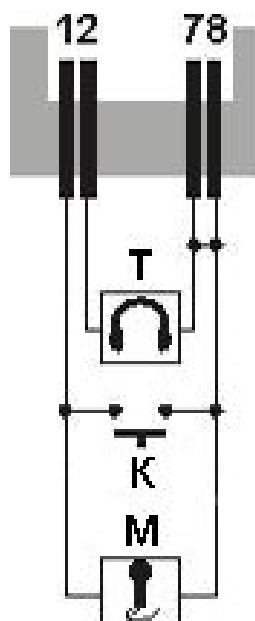


Рис. 1 Типовая схема гарнитуры Hands-Free

У сотовых телефонов, имеющих разные разъемы, к которым подключаются гарнитуры Hands-Free, принцип действия ничем не отличается. По этой причине некоторые фирмы освоили производство универсальных гарнитур под разные модели сотовых телефонов (Universal Hands-Free Kit), в которых имеется набор насадок под разные разъемы сотовых телефонов. При подключении гарнитуры к сотовому телефону он автоматически переходит в режим Hands-Free, о чем свидетельствует появляющаяся соответствующая заставка на дисплее телефона. Теперь при наличии вызова, звуковой сигнал вызова транслируется на телефон гарнитуры. Нажатием на кнопку гарнитуры осуществляется соединение, после чего можно передавать речевое сообщение через микрофон гарнитуры. Вторичное нажатие на кнопку гарнитуры прекращает соединение. Фактически все эти операции и должен выполнять микроконтроллер автоматически, передавая сообщение о температуре на удаленном объекте строго уложившись в три секунды.

Главная задача, которую остается решить для реализации предлагаемого способа состоит в формировании речевого сообщения о температуре на удаленном объекте. Чувствительным элементом может быть любой датчик температуры [2]. Важно лишь, чтобы в дальнейшей обработке данные о температуре были представлены в цифровом виде. И вот эту цифровую информацию необходимо преобразовать в речевое сообщение. Для этого потребуется синтезатор речи. Синтезатор речи можно выполнить на микросхемах серии ISD (ChipCoder) фирмы Winbond Electronics [3]. Однако можно поступить проще. В последнее время большое распространение получили говорящие часы, которые кроме времени также сообщают и о температуре [4]. Стоят они недорого и имеют цифровой дисплей, а также простей-

шую клавиатуру для установки времени и кнопку, после нажатия на которую они сообщают о текущем времени и о температуре. Питаются говорящие часы от двух батареек типа ААА, потребляют маленький ток и вполне могут быть использованы в качестве синтезатора речи. Управление говорящими часами будет осуществлять все тот же микроконтроллер, о котором уже шла речь выше. Дополнительными его функциями будут: формирование сигнала нажатия на кнопку говорящих часов и стробирование речевой информации о времени, чтобы уложиться в три секунды, передавая речевую информацию о температуре. И так, устройство реализующее способ дистанционного измерения температуры будет выполнено на микроконтроллере, который по сигналу вызова замыкает кнопку говорящих электронных часов и, после определенного интервала времени соответствующего информации о времени, замыкает кнопку гарнитуры Hands-Free, передавая речевую информацию о температуре, и затем через три секунды вторично нажимая на кнопку Hands-Free разрывает соединение. Электрическая схема устройства выполняющего перечисленные операции приведена на рис. 2.

Микроконтроллер выполнен на микросхеме PIC16C622A с кварцевой стабилизацией частоты для обеспечения точности трех секундного интервала в широком диапазоне температур. Порт RA1 используется в режиме внутреннего компаратора, на вход которого подается усиленный транзистором VT1 сигнал вызова, воспроизводимый телефоном гарнитуры Hands-Free. Сигнал речевого сообщения, снимаемый с динамика говорящих часов через разделительный конденсатор C3, подается на микрофонный вход гарнитуры Hands-Free. С помощью порта PB3 производится стробирование во времени речевой информации. Выходным сигналом (логический ноль) с порта PB4 производится нажатие на кнопку говорящих часов.

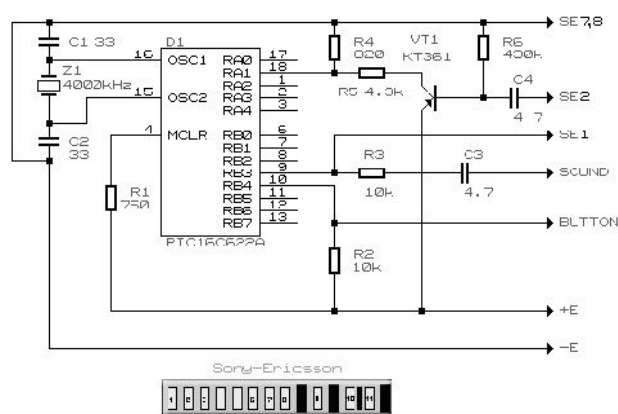


Рис. 2 Электрическая схема устройства реализующего предложенный способ

Основной фрагмент программы микроконтроллера приведен ниже. Команды после метки detect необходимы для обнаружения сигнала вызова. Команды после метки speech включают говорящие часы, стробируют ин-

формацию о времени и передают информацию о температуре в течении трех секунд в сотовый телефон.

Программы задержки на различные интервалы времени (delay) типовые, поэтому не приводятся.

```
detect  BCF      STATUS,RP0  ;select bank 0
        MOVLV    0x05;turn comparator on,mode 0101
        MOVWF    CMCON      ;2 inputs comparator
        BSF      STATUS,RP0  ;select bank 1
        MOVLW    0x03 ;make PORTA<1:0> all inputs
        MOVWF    TRISA
        BCF      STATUS,RP0  ;select bank 0
        CALL     delay20     ;20msec delay
        BCF      STATUS,RP0  ;select bank 0
        BTFSS    CMCON,C2OUT ;detect if comparator ;out = 1
        GOTO     detect
speech  BCF 6,4 ; talking clock activated
        CALL     Delay50     ;wait 50ms
        BSF 6,4 ;
        CALL     Delay2s ;wait 2s time information
        BCF 6,3 ; hands-free on
        CALL     Delay500    ;wait 500ms
        BSF 6,3 ; hands-free off
        CALL     Delay3s ;wait3s temperature
        BCF 6,3 ; hands-free on
        CALL     Delay500    ;wait 500ms
        BSF 6,3 ; hands-free off
        BCF STATUS,RP0      ;select bank 0
        MOVLV    0x07
        MOVWF    CMCON ;disable comparators
        CALL     delay20 ;20msec delay
```

Устройство запитано от батареек говорящих часов и смонтировано в корпусе часов. С сотовым телефоном устройство соединяется с помощью кабеля гарнитуры Hands-Free.

Библиографический список

1. Бартенев В.Г. Способ дистанционного измерения температуры и устройство для его реализации. Решение о выдаче патента на изобретение по заявке №2005135002 с приоритетом от 11.11.05. Бюллетень ФИПС. 2007, №15.
2. Бартенев В.Г. Цифровые датчики температуры и их применение. - Датчики и системы. 2004, №12.
3. ChipCoder фирмы Winbond Electronics. www.winbond-usa.com
4. Talking clock with temperature. www.rehabmart.com

О НОВОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИГНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРОВ

Бартенев В.Г., Бартенев Г.В.

*Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия, ОАО ВНИИРТ*

Применяемые в настоящее время способы оценки производительности DSP, главным образом, основаны на алгоритме БПФ (FFT) с разным числом точек преобразования. Такие тесты - детерминированные и не могут объективно охарактеризовать интегральную эффективность DSP. Другое дело предлагаемый в данном случае новый способ вероятностного свойства. В основе его лежит программа расчета числа π методом статистического моделирования (метод Монте-Карло). Производительность же сигнального процессора оценивается временем расчета числа π при определенном числе испытаний. Задачи статистического моделирования требуют для получения точного результата высокой производительности процессора, так как именно число статистических испытаний определяет точность получаемого результата. Это же можно сказать и о предлагаемой тестовой программе производительности DSP, поэтому число испытаний должно быть не менее 1000. Числовые случайные величины в процессе исполнения тестовой программы меняются в широком диапазоне значений, а выходные оценки производительности, в виде времени расчета числа π при выполнении заданного числа испытаний наиболее интегрально и полно характеризуют производительность, как сигнальных процессоров, так и сигнальных контроллеров разных фирм. Более того, по точности расчета числа π при большом числе испытаний можно судить и о качестве применяемого программного обеспечения для компиляции и ассемблирования текста данной тестовой программы и об используемых библиотеках функций. Несколько слов об алгоритме расчета числа π . В его основе лежит формирование двух независимых случайных величин x и y , распределенных равномерно в диапазоне от -1 до 1. Каждая пара чисел многократно проверяется на попадание в круг единичного радиуса с центром в начале координат, т.е. $x^2+y^2 \leq 1$. Таким образом, фактически рассчитывается площадь круга, которая, как известно, выражается через число π , которое и нужно найти. Программа расчета числа π легко переносима на любые платформы с DSP, так как в ней использованы только стандартные библиотечные функции. Датчик же случайных чисел v с равномерным распределением от 0 до 1 оформлен в виде внутренней подпрограммы по рекуррентной формуле $v=43*v-\text{int}(43*v)$. Рассмотрим в качестве примера оценку производительности отечественного сигнального процессора 1892BM3T. Несколько слов о самом процессоре и аппаратно-

программном комплексе, применяемом для расчета производительности DSP. Микросхема сигнального процессора 1892BM3T (MC-12) - это одно-кристальная двухпроцессорная "система на кристалле" (SOC) на базе IP-ядерной (IP-intellectual property) платформы "МУЛЬТИКОР", разработанной в ОАО НПЦ "ЭЛВИС" [1]. Вот как сам производитель характеризует возможности DSP ядра

Время выполнения операций с плавающей точкой расширенного формата 32e16, в тактах:

Сложение	5
вычитание	7
умножение	5

БПФ-1024, комплексное, 16-битный формат данных и коэффициентов, блочная плавающая точка, в тактах	11600
БПФ-1024, комплексный формат 32-битной плавающей точки (IEEE754), в тактах	21400

CPU-ядро является ведущим в двухпроцессорной конфигурации микросхемы и выполняет основную программу. Для CPU-ядра обеспечен доступ к ресурсам DSP-ядра, являющегося ведомым по отношению к CPU-ядру: обмен данными CPU-ядра с ресурсами DSP-ядра выполняется по командам LOAD, STORE. Память DSP-ядра и его регистры для CPU-ядра 32-разрядные (словные), то есть состояние двух младших разрядов адреса игнорируется.

CPU-ядро управляет работой DSP-ядра, передавая ему задание (макрокоманду). Затем запускает DSP-ядро, переводя его из режима STOP в режим RUN. С другой стороны, DSP-ядро формирует следующие прерывания в CPU-ядро: программное; по переполнению стека; при выполнении команды STOP; при достижении адреса останова при исполнении программы до адреса останова или завершении требуемого числа шагов при пошаговом исполнении программы.

Приведем программу расчета числа π DSP ядром 1892BM3T под управлением CPU-ядра.

```
#include "memory_12.h"
*          UART_1.          *
#include <math.h>
// управляющие регистры UART
#define RBR 0xB82F3000
#define THR 0xB82F3000
#define RBR 0xB82F3000
#define IER 0xB82F3004
#define IER_DLM 0xB82F3004
#define IIR 0xB82F3008
```

```

#define FCR 0xB82F3008
#define IIR_FCR 0xB82F3008
#define LCR 0xB82F300C
#define MCR 0xB82F3010
#define LSR 0xB82F3014
#define LSR_SCLR 0xB82F3014
#define MSR 0xB82F3018
#define SPR 0xB82F301C
#define DLL 0xB82F3000
#define DLM 0xB82F3004
#define SCLR 0xB82F3014
char str[12];
// Частота работы процессора, МГц
#define FREQ 40000000
// Инициализация UART
// варьируется только скорость обмена
// остальные параметры не задаются
// длина слова - 8 бит
// стоп-бит - 1
// четность не контролируется
// управление потоком данных отсутствует
// BaudRate - скорость обмена
// Frq - частота процессора
void UART_conf(int BaudRate, int Frq) {
    float dlm;
    int rdlm;
    dlm = ((float)Frq)/(BaudRate*16);
    rdlm = roundf(dlm);
    *((unsigned int *) LCR) = (int)0x80;
    *((unsigned int *) SCLR) = 0;
    *((unsigned int *) DLL) = rdlm&0xFF;
    *((unsigned int *) DLM) = (rdlm>>8);
    *((unsigned int *) LCR) = 3;
} // UART_conf
void UART_sendByte(char Sym) {
    // пишем символ в порт
    *((unsigned char *) THR) = Sym;
    // ждем, пока он будет отправлен
    while ( ( *((unsigned int *) LSR) & 0x60 ) != 0x60 );
} // UART_sendByte
void UART_sendStr(char *Str) {
    while (*Str != 0)
        UART_sendByte(*Str++);
} // UART_sendStr
extern int Start_DSP;
extern int Inr;
main()
{
    UART_sendStr("Pi=\r\n");
    DCSR = 0;
    SR = 0;
    SAR = 0xFFFF;
    PC=((unsigned int)&Start_DSP - (unsigned int)&PRAM)>>2;
    A0=((unsigned int)&Inr - (unsigned int)&XRAM)>>2;
}

```

```

    Inr=10000;
    DCSR = 0x4000;
    while((~(QSTR))&(1<<31));
    int S=0;
    S=Inr;
    sprintf(str, "%.4f", S*0.0004);
    UART_conf(115200, FREQ);
    UART_sendStr(str);
    while (1) ;
};

```

Подготовленный в редакторе текст программы ассемблируется на компьютере кросс ассемблером и затем, загружается по интерфейсу в отладочный модуль MC-12EM. Запустив программу, получаем результат расчета числа π и время, затраченное на эту работу в секундах. В частности, был получен такой результат для 10000 испытаний: $\pi = 3.144$; за 217930 тактов или 0,00090804 с. Для сравнения был произведен расчет числа π на компьютере с трех ядерным процессором Intel Core i3 M330 2.13GHz, который дал результат: $\pi = 3.142$ за 0,001029 с.

Библиографический список

1. Микросхема сигнального процессора 1892BM3T (MC-12)
<http://multicore.ru/index.php?id=48>
2. Отладочный комплект MC-12EM <http://multicore.ru/index.php?id=56>

УДК: 621.311.6

МОДЕЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЛАССИФИКАТОРА ДИСКРЕТНЫХ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОМЕХ

Бартенев В.Г., Галкин Р.Е.

*Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия, ОАО ВНИИРТ*

Введение

Программируемые радиотехнические системы, ставшие реальностью [1, 2] – это не только цифровые, но и реконфигурируемые системы способные к постоянному усовершенствованию и модернизации только за счет смены программного обеспечения. Концепция программируемых радиотехнических систем отражает главное изменение в конструкторской парадигме современных РЛС, для которых соотношение аппаратно-программных средств выбирается с явным преобладанием программных средств, что и обеспечивает возможность

быстрого изменения ТТХ РЛС в соответствии с изменяющимися требованиями и возможностями. Действительно, традиционные радиотехнические системы требуют многих лет усилий большого коллектива разработчиков для отладки различных компонент и устройств, входящих в систему их сопряжения между собой. Время разработки нового продукта – ключевой момент в современных рыночных условиях. И вот создание программируемых систем существенно сокращает период разработки новых изделий. Применение программируемых систем существенно снижает затраты на изготовление и проверку РЛС в целом. Более того, программируемые системы могут быть модернизированы уже на этапе испытаний для корректировки непредвиденных проблем или для улучшения тактико-технических характеристик. Другим преимуществом программируемых систем является способность их к глубокой самодиагностике как их всех, так и отдельных устройств, что повышает надежность изделия и требует минимального его обслуживания.

Модельно-ориентированное проектирование

Проектирование программируемых радиотехнических систем потребовало соответствующего совершенствования и методов их разработки. В частности, весьма полезным оказался метод полунатурного моделирования, который был впервые использован в [3] при анализе проектируемого программируемого многоканального адаптивного обнаружителя сигналов на DSP Blackfin (ADSP-BF533). Однако наиболее эффективным из новых методов является модельно-ориентированное проектирование (Model-Based Design), предложенное фирмой Mathworks [3] и являющееся одним из приложений разработанной этой же фирмой системы MATLAB.

Модельно-ориентированное проектирование — эффективный и экономически выгодный способ разработки радиотехнических систем. Как показывает опыт применение этого подхода, он позволяет повысить качество проектирования и уменьшить время разработки в несколько раз. Вместо физических прототипов при традиционном проектировании программируемых систем в модельно-ориентированном проектировании применяются исполняемые модели. Эти модели используются во всех этапах разработки. При таком подходе можно разрабатывать и проводить имитационное моделирование как всей радиотехнической системы целиком, так и ее компонентов. Но главным преимуществом данного подхода является возможность автоматической генерации кода с последующей его верификацией. Использование моделей позволяет разрабатывать комплексные радиотехнические системы, представляя соответствующие им сложности с точностью, необходимой для технологического уровня. Такой подход дает представление о физике процессов и описывающей их математике, необходимых для определения поведения системы. Благодаря моделированию систем разработчик может анализировать и проектировать различные элементы системы отдельно друг от друга, при этом учитывая поведение

сложного устройства и его взаимодействие с воздействующими на него сигналами. Такая независимость позволяет нескольким группам разработчиков параллельно вести комплексную разработку и эффективно использовать время. Комплексные радиотехнические проекты могут быть реализованы при помощи интуитивно понятной среды Simulink, основанной на графических блок-схемах. Simulink - это гибкая среда разработки, позволяющая использовать математическую основу цифровых систем различного типа. Модели MATLAB и SIMULINK создаются как для воздействий (сигналы на входе, сигналы управления, синхронизации и интерфейса), так и для самих устройств, входящих в радиотехнические системы. Часто используемые компоненты объекта можно выделить из сложной системы и организовать в виде иерархии. Благодаря этому становится возможным независимое управление точностью компонента на каждой итерации с учетом требований к проекту, стадии разработки и сроков исполнения, появившихся замечаний повлекших изменения и эволюцию проекта. Все эти особенности - повторное использование, отделение от общей модели, связь с требованиями и четкое понимание свойств проекта - позволяют быстро внедрять нововведения, улучшая разработку и сокращая временные затраты.

Моделирование и анализ моделей системы

Представление комплексной разработки в виде моделей системы - лишь часть решения. Необходимо также разобраться с математическим описанием, чтобы лучше понять поведение системы. Решению поставленной задачи предшествует анализ соответствующего технического задания на проектируемую систему, анализ особенностей существующих радиотехнических систем. Желательна аналитическая оценка основных показателей проектируемой системы. Большое внимание уделяется выбору платформы с DSP или ПЛИС, которые и будут применены в данной разработке. Разрабатывается структурная и функциональная схемы аппаратно-программного комплекса с выбранной платформой и осуществляется для него подбор необходимого программного обеспечения. Дальнейшая работа с аппаратно-программным комплексом в режиме модельно-ориентированного проектирования, включает в себя все этапы этого нового метода разработки программируемых радиотехнических систем: от модели системы до ее реализации на конкретной платформе с сигнальным процессором или ПЛИС. При этом предусматриваются следующие этапы проектирования: создание модели в MATLAB или SIMULINK, преобразование этой программы в программу на СИ для DSP или HDL для ПЛИС, ее компиляция в загружаемый код и программирование сигнального процессора или ПЛИС и, наконец, верификация запрограммированной системы.

В MATLAB и SIMULINK реализованы современные методы вычислений, позволяющие выполнить численное моделирование различных систем. Разработчик может одновременно анализировать результаты моде-

лирования и использовать мощные средства анализа моделей, обеспечивая тем самым верификацию разработки.

Пример модельно-ориентированного проектирования классификатора дискретных коррелированных помех

Проектирование классификатора дискретных коррелированных помех начинается с разработки структурной схемы проектируемого устройства (см. рис.1). Признак, по которому осуществляется различие сигналов цели от сигналов целеподобных отражений от ясного неба («ангелов»), радиальная скорость. Измеренная скорость сравнивается с порогом и при превышении порога принимается решение, что отраженный сигнал принадлежит цели в противном случае отраженный сигнал бланкируется. Следующий этап проектирования составление функциональной схемы аппаратно-программного комплекса и подбор необходимого программного обеспечения для разработки классификатора.

Рассматривался, как пример, аппаратно-программный комплекс, который базируется на платформе фирмы Altera [4]. В качестве системной платы используется Cyclone II FPGA Starter Development Kit, а для работы с платой используется фирменный софт Quartus II. При моделировании на ПК разрабатываемой системы используется программный пакет MATLAB и SIMULINK.

В качестве исходных показателей эффективности в соответствии с ТЗ рассчитывалась аналитически вероятность бланкирования «ангелов» для разных их коэффициентов корреляции R при четырех усредняемых выборках помехи для оценки комплексного коэффициента корреляции [5].

Расчетный коэффициент подавления сравнивался с результатами моделирования в MATLAB и SIMULINK (см. рис.2), и их практически совпадение подтверждало корректность построенных моделей. Затем программа из SIMULINK с помощью кодера, преобразовалась в HDL код, компилировалась в QUARTUS II и полученный конфигурационный файл загружался в FPGA и исполнялся. Результаты работы запрограммированного устройства передавались по USB интерфейсу в ПК и сравнивались с ранее выполненными результатами моделирования. Такой верификацией и завершается модельно – ориентированное проектирование классификатора. Результат верификации для четырех выборок в оценке коэффициента корреляции, например, для коэффициента корреляции $R = 0,95$ составлял: вероятность бланкирования «ангелов» для аналитического расчета равна 0,578; для моделирования в MATLAB – 0,585; для моделирования в SIMULINK – 0,587 и, наконец, вероятность бланкирования «ангелов» в программируемом спроектированном классификаторе был равен 0,561. Небольшой разброс в результатах моделирования объясняется малым числом испытаний при моделировании, которое составляло 1000.

Модельно-ориентированное проектирование положено в основу нового учебного курса «Программируемая радиоэлектроника» на кафедре тео-

ретической радиотехники и радиофизики МГТУ МИРЭА [7]. Данный метод был использован и при проектировании радиотехнических систем в дипломных проектах и работах студентов в 2012 г.

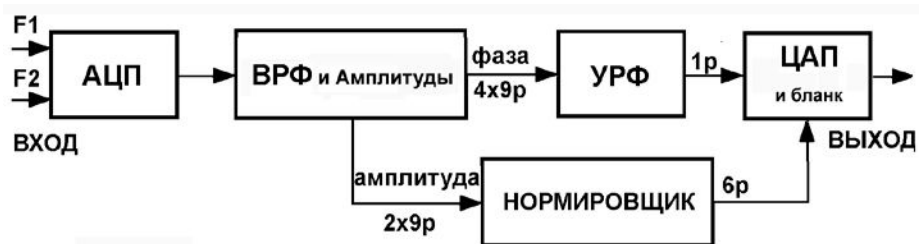


Рис.1 Исходная функциональная схема проектируемого классификатора

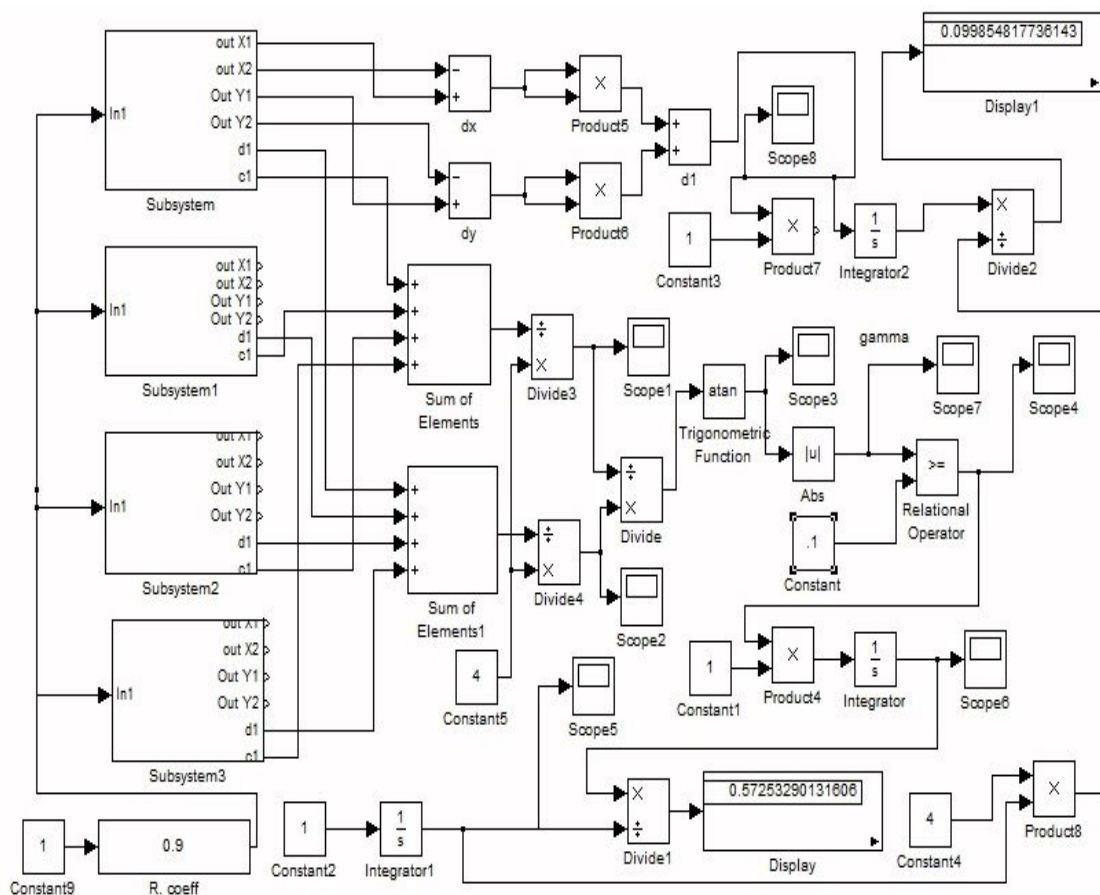


Рис. 2 Структурная схема классификатора в SIMULINK. В 4-х блоках (subsystem) формируется модель дискретной коррелированной помехи

Библиографический список

1. Бартенев В.Г., Медведев В.Н. Сигнальные процессоры и их применение в радиолокации. – Учебное пособие. - М.: ИПК МРП, 1990.
2. Bartenev V. Software Radar: New Reality. - Report on the International conference RADAR 2006. China, 2006.
3. Бартенев В.Г., Бартенев М.В. Анализ эффективности многоканального устройства с адаптивным порогом на модуле ЦОС STAMP. - Цифровая обработка сигналов, 2005, №4.

4. Model-Based Design. - www.mathworks.com
5. www.altera.com
6. Бартенев В.Г., Таныгин А.А. Радиосистемы управления РЛС. Учебное пособие. - МГТУ МИРЭА, 2011.
7. Бартенев В.Г., Битюков В.К., Кузленкова Е.Г. Инновационный курс «Программируемая радиоэлектроника» для инженерных вузов. - Цифровая обработка сигналов, 2011, №4.

УДК: 621.396.96

НОВЫЙ ГРАДИЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ АДАПТИВНОЙ БИХ-ФИЛЬТРАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ СИГНАЛОВ

Гордеев А.Ю., аспирант

*Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики, МГТУ МИРЭА,
Москва, Россия*

Для устранения недостатков градиентных адаптивных фильтров БИХ-типа таких, как неустойчивость, вычислительная сложность, низкая скорость адаптации ([1, 2]), в работах [3, 4] был предложен усовершенствованный градиентный алгоритм адаптивной БИХ-фильтрации, работающий в предположении «быстрой адаптации». В настоящей статье описывается математически обобщенный случай адаптивной обработки комплексных сигналов по указанному методу. В этом случае все сигналы, а также все весовые коэффициенты являются комплексными. С учетом всего этого мы приходим к следующей функциональной схеме фильтра комплексных сигналов, представляющего собой двухканальный фильтр с перекрестными связями между каналами (рис. 1).

Выходной сигнал адаптивного фильтра для комплексных сигналов по аналогии с фильтром действительных сигналов можно представить в следующем виде:

$$\dot{y}[n] = \hat{\boldsymbol{\theta}}^T[n] \cdot \dot{\mathbf{X}}[n],$$

где $\dot{y}[n] = y'[n] + iy''[n]$ – выходной комплексный сигнал, а $\hat{\boldsymbol{\theta}}^T[n]$ – транспонированный вектор комплексных весовых коэффициентов в момент времени $n\Delta t$ (Δt – шаг дискретизации), $\dot{\mathbf{X}}[n]$ – вектор комплексных входных отсчетов в соответствующий момент времени. Для детального понимания последующего изложения распишем эти вектора чуть подробнее.

Транспонированный вектор весовых коэффициентов имеет вид:

$$\hat{\boldsymbol{\theta}}^T[n] = [\hat{a}_1, \dots, \hat{a}_N, \hat{b}_0, \dots, \hat{b}_M] = [\hat{a}'_1 + i\hat{a}''_1, \dots, \hat{a}'_N + i\hat{a}''_N, \hat{b}'_0 + i\hat{b}''_0, \dots, \hat{b}'_M + i\hat{b}''_M],$$

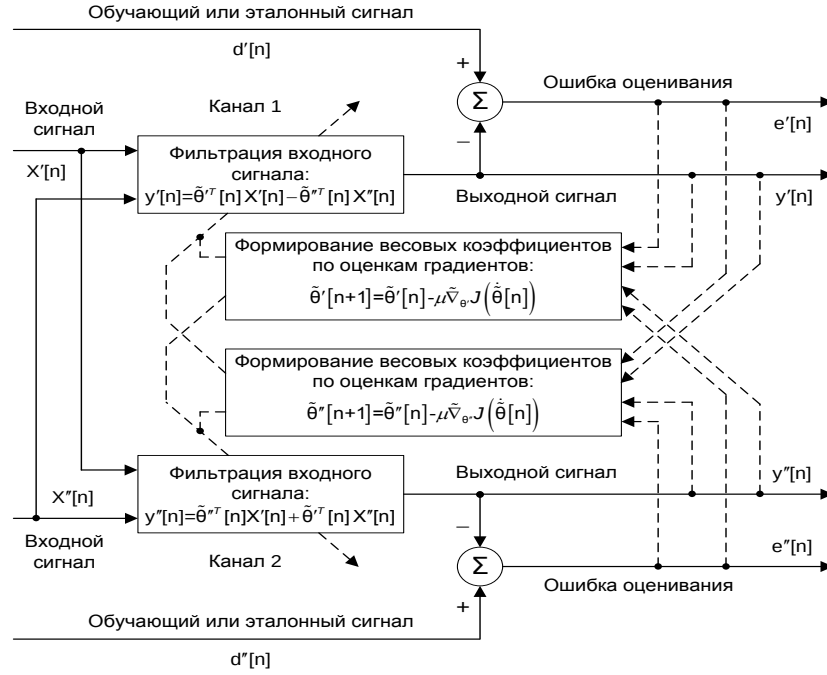


Рис. 1 Функциональная схема адаптивного фильтра комплексных сигналов

Нетранспонированный вектор весовых коэффициентов $\hat{\theta}[n]$ может быть представлен в виде суперпозиции двух векторов, содержащих соответственно только действительные и только мнимые части комплексных весовых коэффициентов:

$$\hat{\theta}[n] = \begin{bmatrix} \hat{a}'_1 + i\hat{a}''_1 \\ \vdots \\ \hat{a}'_N + i\hat{a}''_N \\ \hat{b}'_0 + i\hat{b}''_0 \\ \vdots \\ \hat{b}'_M + i\hat{b}''_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{a}'_1 \\ \vdots \\ \hat{a}'_N \\ \hat{b}'_0 \\ \vdots \\ \hat{b}'_M \end{bmatrix} + i \begin{bmatrix} \hat{a}''_1 \\ \vdots \\ \hat{a}''_N \\ \hat{b}''_0 \\ \vdots \\ \hat{b}''_M \end{bmatrix} = \hat{\theta}'[n] + i\hat{\theta}''[n].$$

Аналогичным образом можно записать выражение для вектора комплексных входных отсчетов $\dot{X}[n]$. Функция стоимости $J[n]$ в случае адаптивной градиентной фильтрации может быть представлена в виде:

$$J[n] = \frac{1}{2} E[\dot{e}[n] \cdot \dot{e}^*[n]],$$

где $\dot{e}[n]$ – комплексный сигнал ошибки, $E[\]$ обозначает оператор математического ожидания. Соответственно градиент функции стоимости по комплексному вектору весовых коэффициентов:

$$\nabla_{\hat{\theta}} J[n] = \nabla_{\hat{\theta}} J(\hat{\theta}[n]) = E\{\nabla_{\hat{\theta}}[\dot{e}[n] \cdot \dot{e}^*[n]]\}.$$

С учетом того, что $\dot{e}[n] = \dot{d}[n] - \dot{x}[n]$, где $\dot{d}[n]$ и $\dot{x}[n]$ соответственно комплексный обучающий и входной сигналы, можно записать следующее выражение для градиента функции стоимости:

$$\nabla_{\hat{\theta}} J[n] = E\left\{\nabla_{\hat{\theta}} \left[(\dot{d}'[n] - y'[n])^2 + (\dot{d}''[n] - y''[n])^2 \right]\right\} = -2E\{e'[n] \cdot \nabla_{\hat{\theta}} y'[n] + e''[n] \cdot \nabla_{\hat{\theta}} y''[n]\}.$$

Соответственно в случае, когда вектор весовых коэффициентов фиксируется $\hat{\theta} = \hat{\theta}_{opt}$, то, как и для чисто действительных весовых коэффициентов [1], градиент становится нулевым:

$$\nabla_{\hat{\theta}} J(\hat{\theta}_{opt}) = -2E \{ e'[n] \cdot \nabla_{\hat{\theta}} y'[n] + e''[n] \cdot \nabla_{\hat{\theta}} y''[n] \} \Big|_{\hat{\theta}_{opt}} = 0.$$

Линейно-разностное уравнение для комплексного фильтра:

$$\begin{aligned} \dot{y}[n] &= y'[n] + iy''[n] = \sum_{i=1}^N \hat{a}_i \cdot \dot{y}[n-i] + \sum_{j=0}^M \hat{b}_j \cdot \dot{x}[n-j] = \\ &= \sum_{i=1}^N [(\hat{a}'_i y'[n-i] - \hat{a}''_i y''[n-i]) + i(\hat{a}''_i y'[n-i] + \hat{a}'_i y''[n-i])] + \\ &+ \sum_{j=0}^M [(\hat{b}'_j x'[n-j] - \hat{b}''_j x''[n-j]) + i(\hat{b}''_j x'[n-j] + \hat{b}'_j x''[n-j])]. \end{aligned}$$

Действительная и мнимая части полезного сигнала (сигналы каналов 1 и 2 на рис. 1) имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} y'[n] &= \sum_{i=1}^N (\hat{a}'_i y'[n-i] - \hat{a}''_i y''[n-i]) + \sum_{j=0}^M (\hat{b}'_j x'[n-j] - \hat{b}''_j x''[n-j]), \\ y''[n] &= \sum_{i=1}^N (\hat{a}''_i y'[n-i] + \hat{a}'_i y''[n-i]) + \sum_{j=0}^M (\hat{b}''_j x'[n-j] + \hat{b}'_j x''[n-j]). \end{aligned}$$

Учитывая независимость всех весовых коэффициентов $\hat{a}'_i, \hat{a}''_i, \hat{b}'_j, \hat{b}''_j, i = \overline{1, N}, j = \overline{0, M}$ можно получить условия оптимальности адаптивного фильтра – система (1).

По тем же причинам, что и в случае действительных сигналов, непосредственное аналитическое решение $2 \cdot (N+M+1)$ совместных уравнений практически невозможно. Поэтому на практике, как и в работах [2-4], будем искать итеративное решение. Все преимущества итеративного решения, описанные в [2-4], справедливы и для нашего комплексного случая. Итеративный подход аналогично случаю действительных сигналов строится на нахождении значений градиента на поверхности рабочей характеристики на основе МСКО.

$$\left\{ \begin{aligned} &E \left[e'[n] \cdot \left\{ y'[n-i] + \sum_{j=1}^N \left(\hat{a}'_j \frac{\partial y'[n-j]}{\partial \hat{a}'_i} - \hat{a}''_j \frac{\partial y''[n-j]}{\partial \hat{a}'_i} \right) \right\} + \right. \\ &+ e''[n] \cdot \left. \left\{ y''[n-i] + \sum_{j=1}^N \left(\hat{a}''_j \frac{\partial y'[n-j]}{\partial \hat{a}'_i} + \hat{a}'_j \frac{\partial y''[n-j]}{\partial \hat{a}'_i} \right) \right\} \right] \Big|_{\hat{\theta}_{opt}} = 0, \quad 1 \leq i \leq N \\ &E \left[e'[n] \cdot \left\{ -y''[n-i] + \sum_{j=1}^N \left(\hat{a}'_j \frac{\partial y'[n-j]}{\partial \hat{a}''_i} - \hat{a}''_j \frac{\partial y''[n-j]}{\partial \hat{a}''_i} \right) \right\} + \right. \\ &+ e''[n] \cdot \left. \left\{ y'[n-i] + \sum_{j=1}^N \left(\hat{a}''_j \frac{\partial y'[n-j]}{\partial \hat{a}''_i} + \hat{a}'_j \frac{\partial y''[n-j]}{\partial \hat{a}''_i} \right) \right\} \right] \Big|_{\hat{\theta}_{opt}} = 0, \quad 1 \leq i \leq N \\ &E \left[e'[n] \cdot \left\{ x'[n-j] + \sum_{i=1}^N \left(\hat{a}'_i \frac{\partial y'[n-i]}{\partial \hat{b}'_j} - \hat{a}''_i \frac{\partial y''[n-i]}{\partial \hat{b}'_j} \right) \right\} + \right. \\ &+ e''[n] \cdot \left. \left\{ x''[n-j] + \sum_{i=1}^N \left(\hat{a}''_i \frac{\partial y'[n-i]}{\partial \hat{b}'_j} + \hat{a}'_i \frac{\partial y''[n-i]}{\partial \hat{b}'_j} \right) \right\} \right] \Big|_{\hat{\theta}_{opt}} = 0, \quad 0 \leq j \leq M \\ &E \left[e'[n] \cdot \left\{ -x''[n-j] + \sum_{i=1}^N \left(\hat{a}'_i \frac{\partial y'[n-i]}{\partial \hat{b}''_j} - \hat{a}''_i \frac{\partial y''[n-i]}{\partial \hat{b}''_j} \right) \right\} + \right. \\ &+ e''[n] \cdot \left. \left\{ x'[n-j] + \sum_{i=1}^N \left(\hat{a}''_i \frac{\partial y'[n-i]}{\partial \hat{b}''_j} + \hat{a}'_i \frac{\partial y''[n-i]}{\partial \hat{b}''_j} \right) \right\} \right] \Big|_{\hat{\theta}_{opt}} = 0, \quad 0 \leq j \leq M. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

Исходя из особенностей функционирования реального комплексного адаптивного фильтра, представляющего собой двухканальный фильтр с перекрестными связями между каналами (рис. 1), а также исходя из принципов градиентного поиска оптимума на рабочей поверхности, можно записать следующие выражения отдельно для действительной и мнимой частей вектора весовых коэффициентов:

$$\begin{aligned}\hat{\theta}'[n+1] &= \hat{\theta}'[n] - \mu_1[n] \nabla_{\theta'} J(\hat{\theta}[n]), \\ \hat{\theta}''[n+1] &= \hat{\theta}''[n] - \mu_2[n] \nabla_{\theta''} J(\hat{\theta}[n]).\end{aligned}\quad (2)$$

Здесь $\mu_1[n]$ и $\mu_2[n]$ – скалярные последовательности, определяющие сходимости (шаги изменений) значений соответствующих векторов к векторам θ'_{opt} и θ''_{opt} . На практике $\mu_1[n]$ и $\mu_2[n]$ удобно выбирать как *const*, в общем случае различные, но вследствие априорной неопределенности знаний о входном сигнале мы будем считать, что $\mu_1[n] = \mu_2[n] = const = \mu$.

Соответственно на основании выражения (1) для градиентов в обоих каналах получаем:

$$\begin{aligned}\nabla_{\theta'} J(\hat{\theta}[n]) &= -2E\{e'[n] \cdot \nabla_{\theta'} y'[n] + e''[n] \cdot \nabla_{\theta'} y''[n]\}, \\ \nabla_{\theta''} J(\hat{\theta}[n]) &= -2E\{e'[n] \cdot \nabla_{\theta''} y'[n] + e''[n] \cdot \nabla_{\theta''} y''[n]\}\end{aligned}\quad (3)$$

Формулы (1) не применимы на практике, поскольку в них входит оператор математического ожидания. Как и в случае действительных сигналов [1-3], на практике будем использовать несмещенные оценки вместо истинных градиентов. Тогда выражения (3) примут следующий вид:

$$\begin{aligned}\tilde{\nabla}_{\theta'} J(\hat{\theta}[n]) &= -2(e'[n] \cdot \tilde{\nabla}_{\theta'} y'[n] + e''[n] \cdot \tilde{\nabla}_{\theta'} y''[n]), \\ \tilde{\nabla}_{\theta''} J(\hat{\theta}[n]) &= -2(e'[n] \cdot \tilde{\nabla}_{\theta''} y'[n] + e''[n] \cdot \tilde{\nabla}_{\theta''} y''[n]),\end{aligned}\quad (4)$$

где $\tilde{\nabla}_{\theta'} J(\hat{\theta}[n])$ и $\tilde{\nabla}_{\theta''} J(\hat{\theta}[n])$ – несмещенные оценки соответствующих градиентов. Тогда, учитывая приближение “быстрой адаптации” [2, 3], несмещенные оценки градиентов компонент выходного сигнала (y' и y'') будут выражаться следующим образом:

$$\begin{aligned}\tilde{\nabla}_{\theta'} y'[n] &= X'[n] + \hat{a}'_1 \cdot \tilde{\nabla}_{\theta'} y'[n-1] - \hat{a}''_1 \cdot \tilde{\nabla}_{\theta'} y''[n-1], \\ \tilde{\nabla}_{\theta'} y''[n] &= X''[n] + \hat{a}''_1 \cdot \tilde{\nabla}_{\theta'} y'[n-1] + \hat{a}'_1 \cdot \tilde{\nabla}_{\theta'} y''[n-1], \\ \tilde{\nabla}_{\theta''} y'[n] &= -X''[n] + \hat{a}'_1 \cdot \tilde{\nabla}_{\theta''} y'[n-1] - \hat{a}''_1 \cdot \tilde{\nabla}_{\theta''} y''[n-1], \\ \tilde{\nabla}_{\theta''} y''[n] &= X'[n] + \hat{a}''_1 \cdot \tilde{\nabla}_{\theta''} y'[n-1] + \hat{a}'_1 \cdot \tilde{\nabla}_{\theta''} y''[n-1].\end{aligned}$$

С учетом формул (4) выражения (2) для векторов весовых коэффициентов в разных каналах принимают вид:

$$\begin{aligned}\tilde{\theta}'[n+1] &= \tilde{\theta}'[n] - \mu \tilde{\nabla}_{\theta'} J(\hat{\theta}[n]), \\ \tilde{\theta}''[n+1] &= \tilde{\theta}''[n] - \mu \tilde{\nabla}_{\theta''} J(\hat{\theta}[n]).\end{aligned}$$

Эффективность данного обобщенного алгоритма для комплексных сигналов, как и описанного в работах [3, 4] алгоритма для чисто действительных сигналов, была подтверждена как с помощью моделирования его работы на ПК, так и путем его реализации на плате ЦОС ADP160QPCI для

обработки реальных сигналов звукового диапазона. Проведенные эксперименты показали, что рассмотренный в данной работе обобщенный алгоритм так же, как и алгоритм для действительных сигналов, обладает большей устойчивостью, вычислительной простотой и скоростью адаптации, чем БИХ-алгоритмы, описанные в работах [1, 2]. При обработке большого числа различных полезных детерминированных сигналов и некоррелированных помех с различными распределениями.

Библиографический список

1. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов: Пер. с англ. – М.: Радио и связь. 1989. – 400 с.
2. Адаптивные фильтры: Пер. с англ. / Под ред. К. Ф. Н. Коуэна и П. М. Гранта. – М.: Мир, 1988. – 392 с.
3. Гордеев А.Ю. Модернизация алгоритма для адаптивной БИХ-фильтрации // Доклады 12-й Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение». Выпуск: XII-2, М.: 2010. - с. 42-44.
4. Гордеев А.Ю. Усовершенствование градиентного алгоритма адаптивной БИХ-фильтрации // Тезисы докладов Шестнадцатой Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых, Волгоград, 2010. - с. 548-550.

УДК: 621.396.96+621.391.821

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РАДИОЛОКАЦИИ. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОСТРОЕНИЮ УНИФИЦИРОВАННЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ РЛС

Климин А.Б., аспирант

*Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики, МГТУ МИРЭА,
Москва, Россия*

Современные радиолокационные станции (РЛС) представляют собой сложные автоматизированные распределенные комплексы средств формирования и обработки сигналов и информации, основными требованиями к которым, помимо высоких технических характеристик, являются надежность, простота и удобство технического обслуживания. Проведенный анализ радиолокационных станций в первую очередь для систем ПВО, разрабатываемых как за рубежом, так и в РФ, показал, что наблюдаются тенденции их развития в первую очередь направленные на: повышение точности измерения координат целей, качества трассовой информации и уменьшение времени локации; повышение помехозащищенности РЛС; применение алгоритмов обзора РЛС, позволяющих производить двумерное сканирование;

использование в одной РЛС различного вида зондирующих сигналов сложной формы, в том числе широкополосных, а также применение многочастотного метода сканирования; обеспечение высоких требований по надежности, простоте, удобству эксплуатации и обслуживания; обеспечение жестких требований к электромагнитной совместимости (ЭМС); уменьшение масса – габаритных характеристик и стоимости; широкое применение математического моделирования при разработке.

В качестве примера развития и реализации таких тенденций кратко приведена доступная информация по РЛС GROUND MASTER 400 производства Thales Raytheon Systems, которая рекламируется как первый полностью цифровой, работающий на большой дальности всевысотный радиолокатор, сочетающий в себе три революционных идеи: «digital radar», «e-radar» и «green radar».

Рассматриваемая РЛС была разработана с учетом следующих требований: единая конструкция – 10 тонн, наработка на отказ – 3500 часов, коэффициент готовности – 99,9%, высокий уровень избыточности, воздушное охлаждение передающей системы, передача радиочастотных сигналов по оптическому волокну, удаленное управление РЛС, подключение к вышестоящему КП, время простоя на ремонт – 30 часов в год. Развертывание изделия осуществляется личным составом из четырех человек за один час. Область обнаружения РЛС: инструментальная дальность – 470 км, дальность по военным самолетам – 390 км, минимальная дальность обнаружения – 5 км, потолок обнаружения – 30 км, отклонение луча – 20 градусов [1].

Приведенные характеристики GROUND MASTER 400 полностью отражают современные тенденции развития радиолокации, а также показывают высокую надежность и мобильность, удобство эксплуатации и обслуживания, большое время наработки на отказ. Стоит отметить, что в ряде случаев отечественные РЛС такими показателями надежности не обладают [2].

Результаты проведенного анализа построения некоторых РЛС [3], разработанных в РФ, показали, что даже в изделиях, работающих в перекрывающемся диапазоне длин волн с применением однотипных зондирующих сигналов, выбранные схемотехнические решения существенно отличаются: используется различная аппаратура приема и обработки сигналов, синхронизации, управления и функционально-диагностического контроля (ФДК), а также модули питания. Таким образом, в преобладающем большинстве разрабатываемые узлы и отдельные системы уникальны и редко применяются для построения других РЛС.

Безусловно, имеются объективные причины существенных отличий между разрабатываемыми изделиями. Однако если оценивать ситуацию с точки зрения сегодняшнего дня, то у нас практически отсутствуют единые унифицированные решения и подходы к построению конкретных систем РЛС. Используются самые разнообразные конструктивные и схемотехнические исполнения, что существенно увеличивает время разработки, за-

трудняет создание и отладку, как отдельных систем, так и РЛС в целом, что не является оправданным как с экономической, так и с технической точки зрения. Другими словами разрабатывающие предприятия каждый раз заново проходят долгий, дорогостоящий путь создания аппаратуры практически «с нуля».

Если рассматривать РЛС диапазона 1-4 ГГц, то уже сейчас можно определить основные параметры, за счет которых возможно обеспечение большинства требований для построения узлов и систем изделий. С одной стороны - основной тенденцией развития современных РЛС является улучшение ТТХ, с другой – повышение эксплуатационных качеств изделий. Наиболее показательным примером является реализация двумерного сканирования пространства, для чего необходимо организовывать цифровое диаграммообразование, как на приём, так и на передачу сигналов. При этом реализация унифицированных схемотехнических и конструктивно-технологических решений в совокупности с применением оптических линий связи и единых протоколов обмена внутри изделия позволит получить лучшие характеристики в части когерентности, идентичности приёмных каналов, а как следствие наилучшие показатели помехозащитности и адаптивности к внешним воздействиям, а также позволит существенно повысить надежность, внутреннюю ЭМС, уменьшить массу и стоимость технического обслуживания и ремонта.

Таким образом, одним из путей решения поставленной задачи является создание унифицированных составных частей, для которых схемотехнические и конструктивно-технологические решения остаются практически неизменными (до замены элементной базы), а реализация алгоритмов работы достигается преимущественно за счет изменения программного обеспечения. В качестве примера таких устройств можно привести цифровые модули, применение которых возможно как в системах цифрового диаграммообразования и цифровой внутрипериодной и межпериодной обработки сигналов, так и в системах синхронизации и ФДК, модули аналого-цифрового преобразования, модули коммутации внешних интерфейсов, а также модули ЭВМ, подходящие для реализации алгоритмов вторичной обработки локационной информации и систем отображения информации на экране рабочего места оператора (при необходимости).

Помимо вышеизложенного, широкое применение цифровой техники позволяет увеличить глубину и достоверность функционально-диагностического контроля, сделать его полностью автоматизированным, а изделие - в большей степени отказоустойчивым. В качестве примера построения отказоустойчивой аппаратуры можно привести систему цифровой обработки сигналов, которая в пределах одного конструктивного исполнения обладает горячим резервом или двойной вычислительной мощностью. То есть, при ее применении в относительно простых изделиях можно производить обработку сразу двух пространственных каналов, а для более сложных и при предъявлении высоких требований по надежности - иметь

«горячий» резерв, чтобы при отказе части аппаратуры оперативно переключиться с одной части «комплекта» на другой.

Опыт показывает, что встроенные средства диагностики в совокупности с применением современных универсальных протоколов обмена позволяют существенно сократить время отладки изделия, а также сделать более простым его техническое обслуживание. Такой подход позволяет не только создавать встроенную систему диагностики и регистрации сигналов в режиме реального или квазиреального времени из любого «цифрового» сечения РЛС без применения дорогостоящих стендов (достаточно ноутбука, подключенного к технологическому выходу), но и проводить всесторонний анализ, например, результатов двумерной обработки или помеховой обстановки, более детально рассмотреть ряд вопросов, касающихся фильтрации дискретных помех («ангелов») и других.

При разработке сложных радиолокационных систем становится актуальным вопрос не только создания сквозных полнофункциональных математических моделей (ММ) узлов, основных устройств, но и РЛС в целом. Это одна из мировых тенденций, принимаемая, практически во всех отраслях науки и техники, в том числе и в радиолокации. Результат проведенного анализа показал, что у нас этот метод развит очень слабо, а разработка ММ, как правило, завершается на уровне создания моделей отдельных устройств, реже - систем. А математические модели всего изделия отсутствуют вообще или созданы в очень упрощенном виде. Хотя уже сейчас существуют импортные программные продукты [4, 5], позволяющие не только проводить математическое моделирование систем приемного и передающего тракта РЛС с учетом многих дестабилизирующих факторов, но и моделировать работу РЛС. Так называемый метод «ко-симуляции» позволяет эмулировать полет воздушного объекта с заданными параметрами, при этом возможен учет изменения ЭПР объекта, не только в зависимости от дальности, но и типа маневра. При этом в расчет ММ закладывается не только диаграмма направленности и зона обнаружения РЛС, но и предполагаемые или экспериментально полученные характеристики подстилающей поверхности.

Таким образом, быстрый рост и постоянное дополнение требований, предъявляемых к современным РЛС, применение различных сигналов требует использования нескольких режимов работы изделия. Ранее такая многорежимность, как правило, требовала набора аппаратных средств под каждый режим, что увеличивало объем аппаратуры, и стоимость РЛС в целом. Сегодня, одним из ключевых моментов в рыночных отношениях является стоимость и время модернизации или разработки нового продукта.

Современная концепция радиолокационных систем отражает главное изменение в конструкторской парадигме перспективных РЛС, для которых соотношение аппаратно-программных средств выбирается с явным преобладанием программных, что и обеспечивает возможность проведения

быстрого изменения некоторых параметров изделия в соответствии с обновляющимися требованиями и возможностями [6].

Таким образом, показаны основные тенденции развития радиолокации, приведен пример их реализации за рубежом, определены и рассмотрены некоторые пути их достижения. Показано, что применение базовых унифицированных узлов, модулей и систем РЛС, созданных при помощи полнофункционального математического моделирования с применением современной элементной базы, единых универсальных протоколов обмена, позволит существенно сократить время разработки и отладки изделия в целом. В итоге станет возможным вплотную приблизиться к созданию «программируемых» радиолокационных систем, которые по своей сути являются не только цифровыми, а также реконфигурируемыми, способными к постоянному усовершенствованию и модернизации в первую очередь за счет обновления программного обеспечения.

Библиографический список

1. Официальный сайт Thales: www.thalesraytheon.com
2. Официальный сайт (энциклопедия) Министерства обороны РФ: www.encyclopedia.mil.ru
3. Официальный сайт ОАО «Концерн ПВО «Алмаз – Антей»»: www.almaz-antey.ru
4. Официальный сайт Agilent: www.agilent.com
5. Официальный сайт Agi: www.agi.com
6. Bartenev V. «Software Radar: New Reality». Report on the International conference RADAR2006. China, 2006.

УДК: 621.396.96+621.391.821

СПОСОБ ПОДАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ КОРРЕЛИРОВАННЫХ ПОМЕХ НА ОСНОВЕ НАХОЖДЕНИЯ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ОКРУЖНОСТИ ВЕКТОРА ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА

Симачков Д.С., аспирант

*Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики, МГТУ МИРЭА,
Москва, Россия*

Борьба с дискретными движущимися коррелированными помехами рассматривается в радиолокации как обнаружение полезных сигналов на фоне мешающих отражений с использованием неклассифицированных вы-

борок наблюдений. Один из способов борьбы с целеподобными движущимися коррелированными помехами предложен в [1]. Суть способа [1] иллюстрируется векторной диаграммой принятого сигнала представляющего собой сумму вектора дискретной коррелированной помехи и вектора полезного сигнала (рис. 1, а).

Амплитуда и фаза вектора помехи случайны для каждой конкретной ситуации и, следовательно, переносят центр окружности вектора цели в случайную точку. Как правило, скорость движения цели значительно превышает скорость перемещения помехи. Этот факт на векторной диаграмме иллюстрируется тем, что вектор цели вращается с большей скоростью, чем вектор помехи (естественно, каждый вектор относительно своего центра). Если определить координаты центра окружности сигнала цели x_0 и y_0 , то после переноса начала координат в рассчитанный центр окружности можно режектировать помеху из принятого сигнала (рис. 1, б).

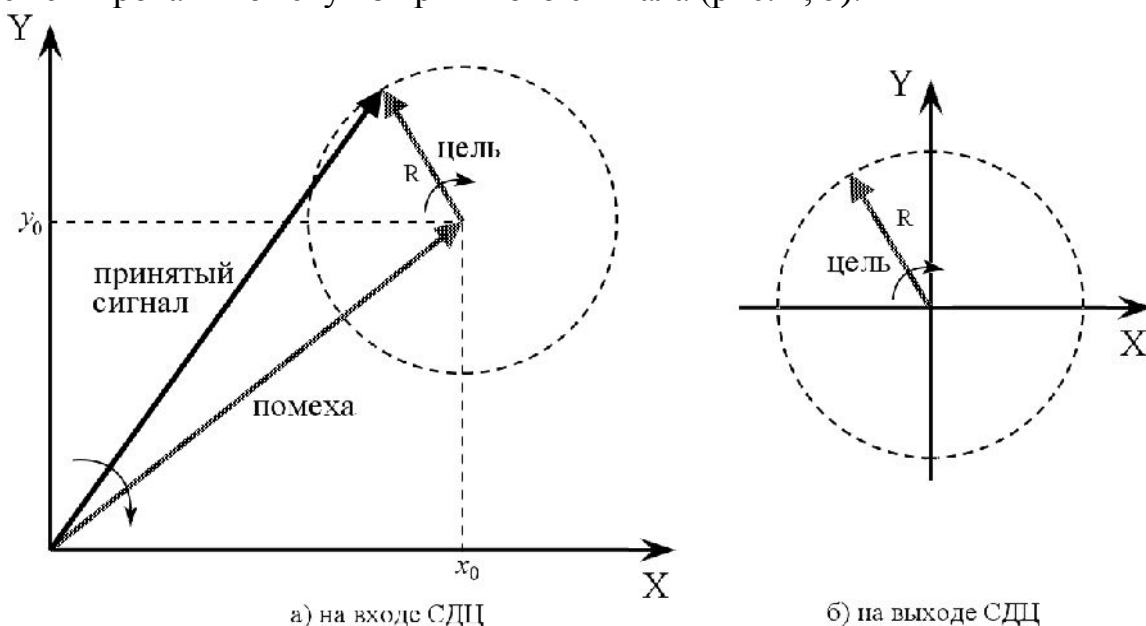


Рис. 1 Векторная диаграмма способа [1] селекции движущихся целей: X и Y – декартовы оси координат, «принятый сигнал» – вектор сигнала на входе приемника радиолокационной станции (РЛС), «цель» – вектор полезного сигнала, «помеха» – вектор сигнала дискретной коррелированной помехи, R – радиус окружности вращения вектора полезного сигнала, x_0 и y_0 – координаты центра окружности

Система СДЦ, описанная в [1], является первичным средством обработки информации в приемном тракте РЛС. Обработка информации происходит в режиме реального времени, а объем обрабатываемой информации очень велик. Из этих соображений проектируемая система СДЦ должна быть адаптирована к реальным условиям, т.е. удовлетворять требованиям максимальной простоты и быстродействия.

Поэтому для нахождения наиболее эффективного способа в условиях задачи рассмотрен другой способ определения центра координат по трем точкам.

Один из способов нахождения координат центра окружности можно реализовать через решение определителя матрицы [2], который можно условно назвать «матричным».

Для этого необходимо найти определитель следующей матрицы

$$\begin{vmatrix} x_0^2 + y_0^2 & x_0 & y_0 & 1 \\ x_1^2 + y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2^2 + y_2^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ x_3^2 + y_3^2 & x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

Далее из определителя матрицы (1) составляют уравнение

$$(x_0^2 + y_0^2) \cdot \Delta_1 - x_0 \cdot \Delta_2 + y_0 \cdot \Delta_3 - 1 \cdot \Delta_4 = 0, \quad (2)$$

где

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix}, \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} x_1^2 + y_1^2 & y_1 & 1 \\ x_2^2 + y_2^2 & y_2 & 1 \\ x_3^2 + y_3^2 & y_3 & 1 \end{vmatrix}, \quad (3)$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} x_1^2 + y_1^2 & x_1 & 1 \\ x_2^2 + y_2^2 & x_2 & 1 \\ x_3^2 + y_3^2 & x_3 & 1 \end{vmatrix}, \quad \Delta_4 = \begin{vmatrix} x_1^2 + y_1^2 & x_1 & y_1 \\ x_2^2 + y_2^2 & x_2 & y_2 \\ x_3^2 + y_3^2 & x_3 & y_3 \end{vmatrix}.$$

Разделив обе части уравнения (1) на Δ_1 , получают

$$x_0^2 + y_0^2 - x_0 \cdot \frac{\Delta_2}{\Delta_1} + y_0 \cdot \frac{\Delta_3}{\Delta_1} - 1 \cdot \frac{\Delta_4}{\Delta_1} = 0. \quad (4)$$

Общее уравнение окружности записывается как

$$x^2 + y^2 + A \cdot x + B \cdot y + C = 0, \quad (5)$$

где $2 \cdot x_0 = -A$, $2 \cdot y_0 = -B$.

Координаты центра окружности вычисляют по следующим формулам

$$x_0 = \frac{-A}{2} = \frac{\Delta_2}{2 \cdot \Delta_1}, \quad y_0 = \frac{-B}{2} = -\frac{\Delta_3}{2 \cdot \Delta_1}. \quad (6)$$

Для упрощения записи целесообразно ввести обозначения

$$\begin{aligned} XY1 &= x_1^2 + y_1^2, \quad XY2 = x_2^2 + y_2^2, \quad XY3 = x_3^2 + y_3^2, \\ Y23 &= y_2 - y_3, \quad Y31 = y_3 - y_1, \quad Y12 = y_1 - y_2, \\ X23 &= x_2 - x_3, \quad X31 = x_3 - x_1, \quad X12 = x_1 - x_2. \end{aligned} \quad (7)$$

Тогда уравнения для нахождения координат центра окружности можно записать в следующем виде

$$x_0 = \frac{XY1 \cdot Y23 + XY2 \cdot Y31 + XY3 \cdot Y12}{2 \cdot (x_1 \cdot Y23 + x_2 \cdot Y31 + x_3 \cdot Y12)}, \quad (8)$$

$$y_0 = -\frac{XY1 \cdot X23 + XY2 \cdot X31 + XY3 \cdot X12}{2 \cdot (x_1 \cdot Y23 + x_2 \cdot Y31 + x_3 \cdot Y12)}. \quad (9)$$

Программный код из MATLAB, выполняющий рассмотренные вычисления, имеет следующий вид:

```
XY1=(X(1)^2+Y(1)^2); XY2=(X(2)^2+Y(2)^2); XY3=(X(3)^2+Y(3)^2);
Y23=Y(2)-Y(3); Y31=Y(3)-Y(1); Y12=Y(1)-Y(2);
X23=X(2)-X(3); X31=X(3)-X(1); X12=X(1)-X(2);
A=(XY1*Y23+XY2*Y31+XY3*Y12)/(X(1)*Y23+X(2)*Y31+X(3)*Y12);
B=(XY1*X23+XY2*X31+XY3*X12)/(X(1)*Y23+X(2)*Y31+X(3)*Y12);
X0=(A/2); Y0=-(B/2);
```

На рис. 2 показана типовая визуализация спектра сигналов: принятого сигнала (синяя линия) и сигнала на выходе СДЦ (красная линия) после фильтрации «матричным» способом.

Здесь представлена дискретная однокомпонентная помеха с доплеровской частотой 25 Гц и полезный сигнал (цель) с доплеровской частотой 400 Гц. Как видно из графика, полезный сигнал на входе и выходе системы СДЦ полностью совпадают, что означает – фильтрация селектором никак не влияет на полезный сигнал. При этом мощность помехи после фильтрации СДЦ уменьшилась более чем на 10 дБ. Тем самым, селектор движущихся целей уже на первичном этапе обработки информации позволяет значительно уменьшить мощность помехи, что облегчает дальнейшую обработку входного сигнала в приемном тракте РЛС.

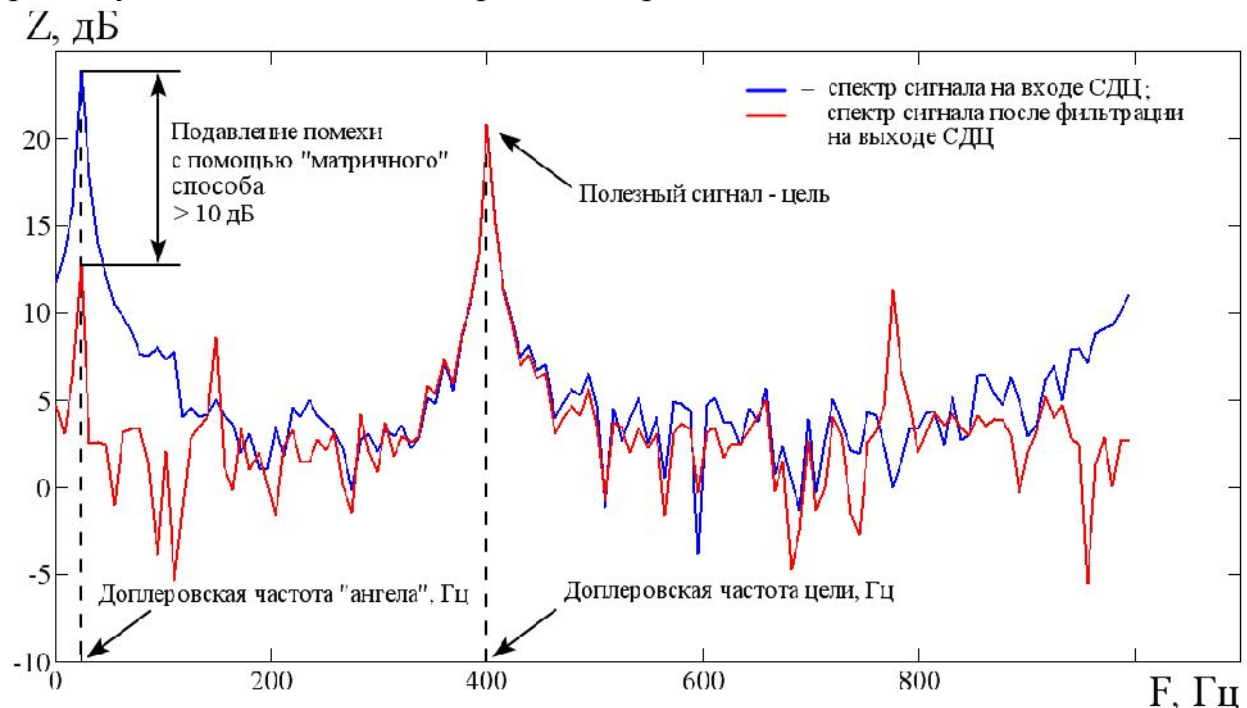


Рис. 2 Спектры сигналов на входе и выходе СДЦ

Недостатком способа нахождения координат центра окружности по трем точкам, описанного в [1], является неопределенность, при которой ко-

ордината y_0 рассчитывается по двум разным уравнениям. В отличие от способа [1], «матричный» способ не требует дополнительных логических функций сравнения, но выполняют поставленную задачу с большим количеством операций.

Библиографический список

1. Бартенев В.Г., Битюков В.К., Симачков Д. С. Способ адаптивной фильтрации дискретных коррелированных помех // Вестник Концерна ПВО «Алмаз-Антей». – 2012, № 2. – с. 48...51.
2. Статья в Википедии <http://ru.wikipedia.org/wiki/Окружность>

УДК: 621.311.6

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МНОГОКАНАЛЬНАЯ МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ

Богатов А.В., аспирант

*Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Структура и конструкция мобильной системы измерений

Часто возникает потребность проведения измерений электрических характеристик различной радиотехнической аппаратуры в полевых условиях. Сами объекты измерений зачастую бывают большими и сложными и не поддаются переносу и транспортировке. В этих случаях предпочтительнее саму измерительную аппаратуру доставлять к объекту измерений.

На сегодняшний день существует как минимум четыре стандартных решения этой проблемы, которые обеспечиваются с помощью интерфейсов PCMCIA (PCcard), EPP (параллельный порт), USB (универсальная последовательная шина), IEEE 1394 (Firewire). Подавляющее большинство современных цифровых осциллографов для связи с компьютером используют интерфейс USB, менее часто – IEEE 1394. Не стали исключением и системы сбора данных.

В настоящее время промышленностью выпускаются АЦП-ЦАП платы, конструктивно выполненные в виде внешних модулей, подключение которых к персональному компьютеру осуществляется через USB интерфейс. Наиболее распространенными АЦП-ЦАП модулями являются высокоскоростные модули (с полосой пропускания 100-500 МГц), имеющие 1, 2 или 4 канала АЦП. Данные модули имеют внешнее питание и вместе с разработанным для них программным обеспечением, по сути, представляют собой цифровые запоминающие осциллографы. Главными недостатками таких

систем являются необходимость использования внешнего источника питания, небольшое число измерительных каналов и отсутствие возможности управления объектом измерения. Устранить данные недостатки можно при помощи внешних USB-модулей, которые представляют собой многоканальные системы сбора данных. Примером таких внешних модулей являются модули LA2USB концерна Руднев-Шиляев [2], NI USB-6210 компании National Instruments [3], E14-440 компании L-card [4]. Данные модули имеют не только АЦП каналы, но и несколько каналов ЦАП, что дает им возможность управлять объектом исследования. Существенным преимуществом этих модулей является их электропитание только от USB-шины, что при создании мобильных систем избавляет оператора от необходимости ношения с собой дополнительного источника питания. К главным недостаткам модулей, пожалуй, можно отнести их сравнительную низкочастотность. Однако несомненно, что данный недостаток с развитием науки и техники будет устранен.

Отличительной особенностью созданной мобильной измерительной системы является ее компактность, универсальность и возможность модернизации. Система построена на USB модуле LA2USB, который выполняет роль внешнего АЦП и ЦАП. Модуль LA2USB помещен в защитный корпус, который позволяет удобно подключать до восьми измеряемых сигналов через специальные дифференциальные коаксиальные кабели. Корпус позволяет также через 2 BNC разъема осуществлять вывод сигналов от каналов ЦАП к исследуемому объекту. Корпус является защитным и обеспечивает класс защиты не ниже IP65 [5]. Все вычислительные операции системы возложены на ПК и специальное ПО, которое имеет модульную схему построения. При необходимости изменения алгоритма обработки пользователь может подключить уже существующий программный модуль или, если такого модуля нет, написать его сам с соответствующим алгоритмом обработки. На рис.1 показана структурная схема мобильной системы. Структура системы предельно проста и состоит из ПК (notebook), USB-модуля в специальном корпусе, комплекта соединительных кабелей и объекта измерений. Мобильная система готова к применению практически сразу после загрузки операционной системы ПК. Измерительный блок (корпус USB-модуля) подключается к ПК только одним USB-кабелем, поэтому развертывание системы занимает считанные минуты.

Правильное измерение нескольких электрических сигналов одним измерительным прибором всегда представляет довольно сложную задачу. Вызвано это необходимостью оптимального соединения источников сигнала с измерительным прибором и обеспечения защиты канала измерения от различного рода электромагнитных помех. Особенно трудно решить данные проблемы, если многоканальный прибор построен на основе АЦП, а сигналы подводятся к находящемуся перед АЦП мультиплексору.



Рис. 1 Структурная схема мобильной многоканальной системы

При разработке конструкции измерительного прибора для проведения работ в полевых условиях было необходимо не только предусмотреть его механическую и климатическую защиту, но и обеспечить возможно меньшее влияние на результаты измерений окружающих электромагнитных полей.

При попытке соединения источника сигнала с измерительным прибором возникают сразу несколько вопросов. Как подключать? Стоит ли заземлять и как правильно это сделать? Куда подключать экран и как это лучше сделать? Следует отметить, что указанные вопросы в литературе освещены очень мало. Для повышения качества измерений необходимо повышать помехозащищенность измерительных каналов. При этом существуют несколько способов повысить помехозащищенность. Среди них – гальваническая развязка; согласование кабеля для подсоединения источника сигнала к измерительному прибору; заземление; экранирование.

Данные правила сформулированы в [6]. Все эти правила по возможности учтены в разработанной конструкции защитного корпуса USB-модуля.

Разработанный защитный корпус USB-модуля представляет собой металлический короб (далее основание) с крышкой, внутрь которого на специальную амортизирующую поролоновую прокладку устанавливается USB-модуль LA-2USB. Разъемы для подключения кабелей с измерительными сигналами изготовлены японской фирмой Takeda Riken. Разъемы и кабели имеют оригинальную конструкцию, показанную на рис. 2, которая существенно улучшает помехозащищенность.

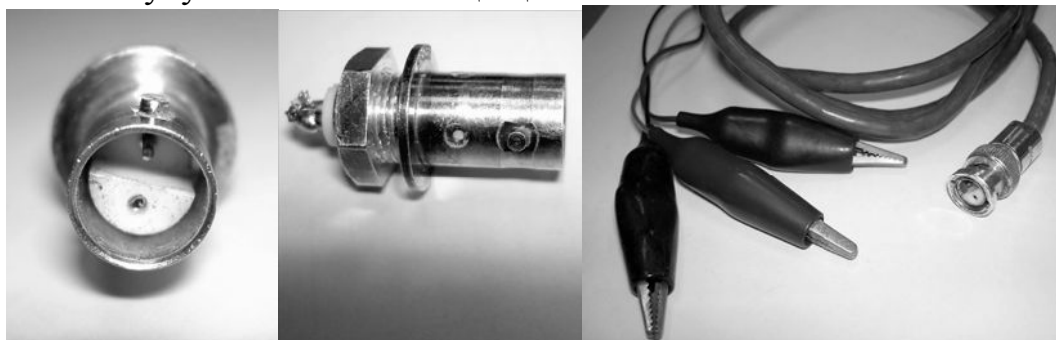


Рис. 2 Высокочастотный разъем и высокочастотный двужильный экранированный кабель японской фирмы Takeda Riken

Программное обеспечение мобильной измерительной лаборатории

Программное обеспечение представляет собой основную центральную часть и отдельные модули, которые при необходимости проведения какого-либо конкретного эксперимента подключаются из библиотеки. В каждом модуле реализован необходимый алгоритм обработки собранных с помощью USB-модуля данных.

Так, пользователь имеет возможность устанавливать желаемую частоту дискретизации, количество собираемых точек, количество опрашиваемых каналов. Основная программа позволяет сохранять полученные результаты в текстовом формате с расширением .txt или в графическом формате с расширением .bmp.

Основная программа позволяет выводить на экран до 8 форм измеряемых сигналов, производить изменение масштаба осциллограмм как по оси времени, так и по оси амплитуд. Оператор может выделить мышкой область осциллограммы, которую необходимо увеличить.

Созданная система наглядно показывает возможность реализации простых, но мощных измерительных мобильных лабораторий на базе АЦП-ЦАП USB-модулей. Система позволяет повысить мобильность измерений за счет уменьшения номенклатуры измерительных приборов, которые затруднительно применять при проведении испытаний в полевых условиях, а также за счет отказа от использования дополнительного источника питания для работы измерительного оборудования. Такие системы обладают достаточно гибкими возможностями по модернизации, так как основная работа по обработке собранной информации лежит на ПО, которое при необходимости может быть изменено.

Библиографический список

1. Быстродействующий внешний модуль АЦП/ЦАП на шину USB 2.0, <http://www.lcard.ru/e20-10.php3>.
2. Модуль ЛА-2USB, http://www.rudshel.ru/production/data_acquisition_bo-ards/external_devices/la-2usb.html
3. Модуль NI USB-6210, <http://www.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203189>.
4. Внешний модуль АЦП/ЦАП на шину USB E14-440, <http://www.lcard.ru/e-140.php3>.
5. ГОСТ 14254-96. Степень защиты, обеспечиваемая оболочками.
6. Гарманов А.В. Подключение измерительных приборов. Решение вопросов электросовместимости и помехозащиты. – М.: L-Card, 2003. - 39 с.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗМОЖНОГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПАСНЫХ ВЫБРОСОВ НАПРЯЖЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ИСТОЧНИКА ПЕРВИЧНОГО ПИТАНИЯ АФАР

*Кудрявцев Б.П., к.т.н., ведущий инженер,
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва, Россия
Васильева Н.С., ведущий инженер,
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва, Россия*

Введение

Настоящая работа связана с разработкой источника первичного питания напряжением 300 В для ВИП, входящих в состав приёмо-передающих модулей АФАР. Источник питания являлся элементом трехуровневой схемы питания АФАР, содержащей:

- выпрямители промышленного переменного напряжения с сетевыми выходными накопительными фильтрами (назовем их сетевыми выпрямителями); эти сетевые выпрямители имеют относительно большие габариты и они выносятся за пределы полотна АФАР. Выходное напряжение выпрямителей = 300 В;
- дополнительные накопительные конденсаторы, расположенные на антенном полотне, на входе каждой столбцовой шины питания модулей АФАР;
- вторичные импульсные источники питания (ВИП), расположенные непосредственно в каждом модуле АФАР и обеспечивающие низковольтное электропитание для СВЧ-усилителей и остальных элементов схемы модуля АФАР.

Для уменьшения величины активных потерь в фильтрах сетевых выпрямителей используются обычные LC-фильтры. Известно, что наличие индуктивных и емкостных элементов в схеме фильтра может приводить (например, при включении) к возникновению выбросов напряжения с весьма значительной амплитудой [1]. Это может вывести из строя накопительные конденсаторы и ВИП модулей АФАР.

В работе излагаются результаты исследования переходных процессов на выходе проектируемого источника питания, выполненные с целью определения условий появления выбросов напряжения и оценки их уровня.

Сначала проводилось математическое моделирование электрической схемы источника, затем – экспериментальные исследования на макете источника. Обнаружены противоречия между результатами теории и эксперимента и дано их объяснение.

1. Анализ причин возникновения опасных выбросов напряжения на выходе источника первичного питания АФАР

1.1. Исследование переходных процессов в схеме фильтра сетевого выпрямителя на математической модели

Эквивалентная схема реального источника питания « ≈ 300 В», разработанная в среде программы «Мультисим», показана на Рис. 1.

Данная эквивалентная схема источника питания « ≈ 300 В» содержит две одинаковых схемы выпрямителей с выходными двухзвенными LC-фильтрами, объединенными по выходам параллельно через развязывающие диоды Д1, Д2 и подключенными к эквиваленту нагрузки С7, R2, R15 (эта нагрузка имитирует исходное состояние перед подачей на АФАР напряжения « ≈ 300 В», когда все модули АФАР выключены и имеют минимальное потребление по цепям « ≈ 300 В»).

На эквивалентной схеме (Рис. 1) подробно отражены только элементы эквивалентной схемы двухзвенных LC-фильтров, т.к. они прямо влияют на характер переходного процесса, возникающего при подаче напряжения ≈ 300 В от выпрямителей на схемы фильтров [2].

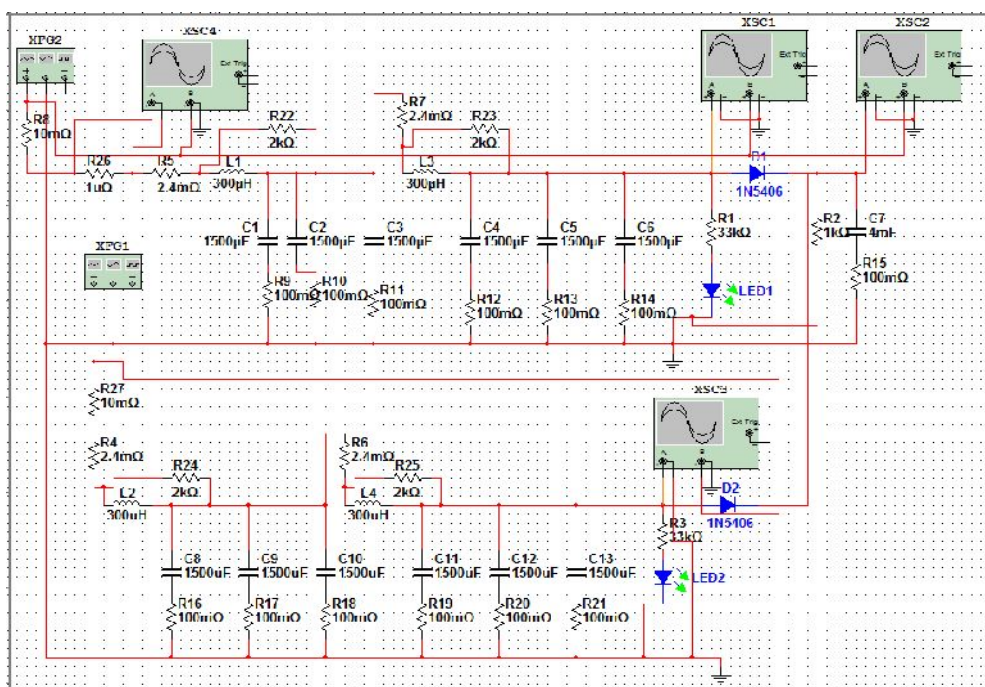


Рис. 1 Эквивалентная схема источника питания « ≈ 300 В»

Эквивалентные схемы сетевых выпрямителей изображены в виде двух мощных генераторов прямоугольных импульсов напряжения XFG2 и XFG1 с одинаковыми параметрами:

- амплитуда импульсов напряжения – 300 В
- длительность импульсов – 500 мс
- частота следования импульсов – 1 Гц

С помощью этих импульсов имитировалась периодическая подача напряжения « ≈ 300 В» на входы LC-фильтров (Рис. 1).

Рассмотрим основные результаты, полученные в процессе моделирования с эквивалентной схемой (Рис. 1). На Рис. 2, Рис. 3 показаны осциллограммы переходных процессов в различных точках схемы.

В частности:

Из осциллограммы на Рис. 2 следует, что после подачи на схему импульса напряжения возникает колебательный затухающий переходной процесс с максимальной амплитудой выходного напряжения примерно 550 В.

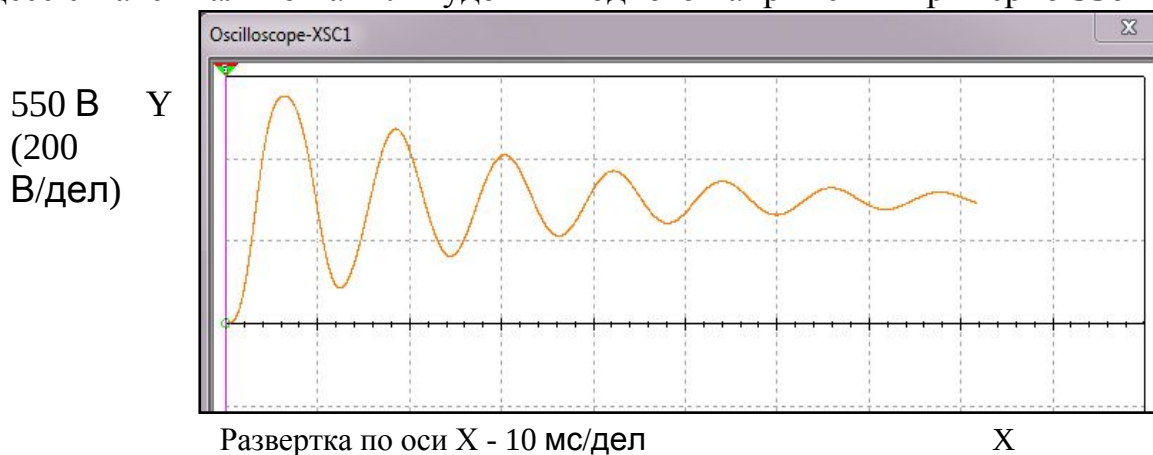


Рис. 2 Колебательный процесс напряжения « ≈ 300 В» на выходе одного из фильтров при подаче на схему импульса напряжения от генератора XFG2

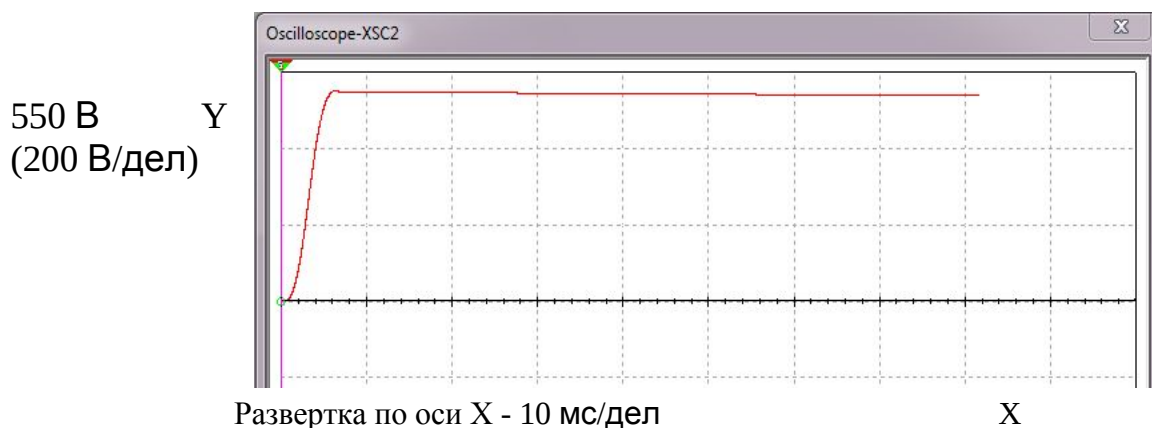


Рис. 3 Процесс изменения напряжения « ≈ 300 В» на выходе блока питания при подаче на схему выходных фильтров импульсов напряжения от генераторов XFG2, XFG1

Из осциллограммы на Рис. 3 видно, что на резисторе нагрузки R2 формируется один мощный выброс напряжения с амплитудой примерно 550 В. Этот импульс получается за счет детектирования переменного затухающего напряжения, существующего на анодах диодов D1, D2 (Рис. 2).

Таким образом, из результатов моделирования следует, что на ВИП модулей АФАР будет длительное время действовать импульс напряжения с

амплитудой, существенно превышающей допустимое напряжение (330 В) для ВИП модулей АФАР.

1.2. Анализ результатов исследования переходных процессов на выходе реального макетного блока питания «=300 В»

Разработчиками блока питания было проведено исследование переходных процессов изменения напряжения «=300 В» на выходе реального макетного блока питания. Эти исследования показали, что опасные выбросы напряжения при включении блока питания отсутствуют и напряжение «=300 В» на выходе макетного блока нарастает плавно и почти без колебательного процесса. Это входило в явное противоречие с результатами моделирования (см. выше). В связи с этим был проведен анализ полученных результатов. Ниже кратко излагаются результаты этого анализа.

Детальное исследование реальных осциллограмм нарастания выходного напряжения «=300 В» показало следующее.

Переходной процесс нарастания выходного напряжения «=300 В» имеет плавный экспоненциальный характер, похожий на экспоненциальный процесс заряда конденсатора через активное сопротивление. При этом на экспоненциальный процесс накладывается слабо выраженный колебательный процесс. Длительность переходного экспоненциального процесса по уровням 0.1...0.9 от максимального значения (300 В) равна приблизительно 40 мс.

Исследование осциллограмм токовых импульсов, протекающих на входе фильтра (через дроссель L1 – Рис.1), также показало экспоненциальную форму тока, характерную для заряда конденсатора через активное сопротивление. Амплитуда импульса тока примерно равна 220 А. Исходя из полученной амплитуды тока, можно предположить, что величина паразитного ограничительного резистора должна быть приблизительно равна

$$\frac{300В}{220А} = 1.36 Ом.$$

При таком сопротивлении паразитного ограничительного резистора время заряда конденсаторов фильтра будет равно

$$Tз = 3 \times C_{сум\_ф} \times Rn = 3 \times 11мФ \times 1.36Ом = 45мс$$

где $Tз$ – время заряда конденсаторов фильтров,
 $C_{сум\_ф}$ – суммарная емкость конденсаторов одного фильтра,
 Rn – сопротивление зарядного паразитного резистора.

Волновое сопротивление одного звена Г-образного фильтра равно:

$$\rho = \sqrt{\frac{L\delta\delta}{(Ck \times 3)}} = 0.258 Ом$$

где $L\delta\delta = 0.3мГн$ – индуктивность дросселя,

$C_k = 1.5 \text{ мФ}$ – емкость одного из трех конденсаторов Г-образного звена фильтра.

Полученная величина волнового сопротивления (0.258 Ом) намного меньше величины паразитного резистора (1.36 Ом), а из теории радиочепей известно [1], что при таком соотношении волнового сопротивления контура и сопротивления потерь в нем, колебательный процесс в контуре почти не будет проявляться. Именно это мы и наблюдаем на практике.

Для проверки выше приведенных результатов анализа было проведено моделирование процессов аналогичное моделированию по п. 2.1, но с увеличением величины сопротивления резисторов R8, R27 до 1.36 Ом.

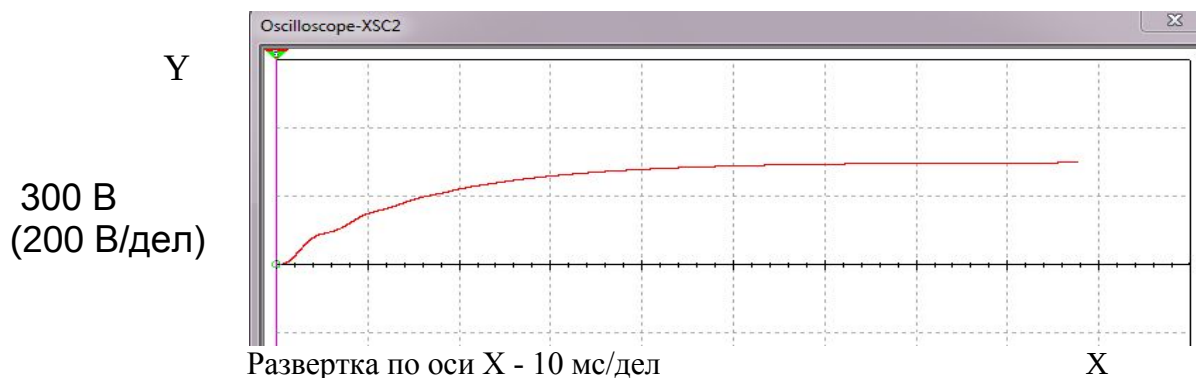


Рис. 4 Осциллограмма напряжения на выходе источника питания, снятая с анода диода Д1

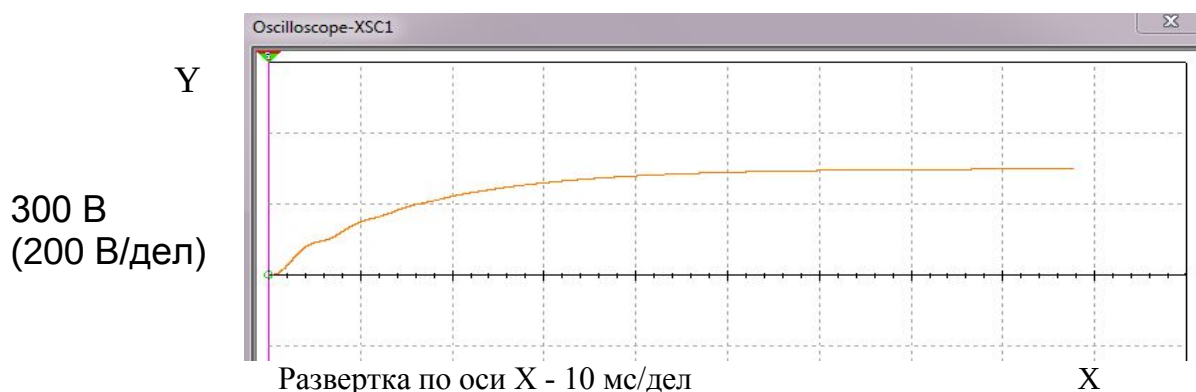


Рис. 5 Осциллограмма напряжения на выходе одного из фильтров, снятая с катода диода Д1

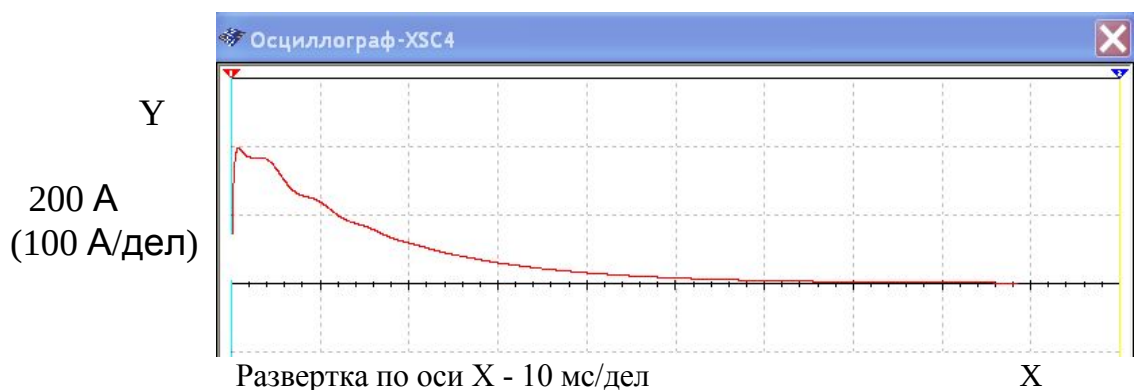


Рис. 6 Осциллограмма тока, протекающего на входе фильтра, измеренная с помощью резистора R26

Из осциллограмм (Рис. 4 - Рис. 6) видно практически полное совпадение данных, полученных экспериментальным и теоретическим путем.

Таким образом, было показано, что отсутствие колебательного процесса и больших выбросов напряжения на выходе макетного источника питания при его включении, связано с наличием неучтенного сопротивления потерь значительной величины. Это может быть сопротивление сетевых подводящих проводов (около 0.7 Ом) или, например, недостаточная мощность источника первичного переменного напряжения.

2. Выводы

Из результатов выше проведенного анализа следует, что наиболее вероятной причиной отсутствия выбросов напряжения, полученных при макетировании, является то, что в цепи первичной сети 220 В 400 Гц имеется большое активное сопротивление - примерно 0.7 Ом. Это сопротивление вносит большие дополнительные потери, что сильно уменьшает добротность резонансных цепей выходного фильтра и, как следствие, приводит к замене колебательного резонансного процесса с большими выбросами напряжения на плавный экспоненциальный процесс нарастания выходного напряжения. Заметим, что в штатной системе электропитания АФАР будут использоваться средства электроснабжения, имеющие во много раз меньшую величину внутреннего сопротивления. При этом во время включения источников питания «=300 В» (или при других переходных процессах) могут возникать опасные для ВИП АФАР выбросы напряжения.

Библиографический список

1. Гоноровский И. С. «Радиотехнические цепи и сигналы», М., «Сов. Радио», 1977.
2. Хернтер Марк Е. Электронное моделирование в Multisim+CD / Пер. с англ. Осипов А. И. – М.: ДМК Пресс, 2009.

УДК: 621.396.677.41

АНТЕННА БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ С ЗАМЕДЛЕННОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ФАЗОВОЙ СКОРОСТЬЮ

*Гончаренко В.М. к.т.н., доцент, Гурин Н.Н. ст. преподаватель
Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

В технике СВЧ широкое применение нашли антенны бегущей волны (АБВ) с замедленной фазовой скоростью. К настоящему времени этот класс

антенн с постоянной замедленной фазовой скоростью исследован достаточно полно [1, 2]. Данная работа представляет исследование линейных, непрерывных, осесимметричных антенн с изменяющейся замедленной фазовой скоростью вдоль антенны, которую располагаем вдоль оси Oz . Вход антенны совмещаем с началом координат ($z = 0$).

Комплексное распределение источников излучения вдоль антенны рассматриваем как бегущую волну тока: $\dot{g}(z) = \dot{g}_0 e^{-i\Gamma z}$, где z - координата точки, лежащей на АБВ, отсчёт которой ведётся от входа антенны; $\dot{g}_0$ - амплитуда возбуждения антенны на её входе; $\Gamma = k\xi$ - постоянная распространения; k - волновое число; ξ - коэффициент замедления.

В работе приведены расчёты ДН и КНД для трёх видов линейных законов изменения $\Gamma(z)$ или $\xi(z)$. Аналитически они выглядят так:

$$\xi_n(z) = \begin{cases} \xi_{opt} + \frac{n}{N} \cdot \frac{\lambda}{2L} - \frac{n}{N} \cdot \frac{\lambda z}{2L^2} & \text{1-й линейный закон} \\ \xi_{opt} + \frac{n}{N} \cdot \frac{\lambda}{4L} - \frac{n}{N} \cdot \frac{\lambda z}{2L^2} & \text{2-й линейный закон} \\ \xi_{opt} - \frac{n}{N} \cdot \frac{\lambda z}{2L^2} & \text{3-й линейный закон} \end{cases} \quad (1)$$

Эти законы показаны на рис. 1. На рис. 1а в начале антенны ($z = 0$) замедление больше оптимального на величину $n\Delta_N$, где $n = 0, 1, 2, \dots, 10$.

$$\xi(z/L) \quad (L/\lambda_0 = 5, \xi_{opt} = 1,1)$$

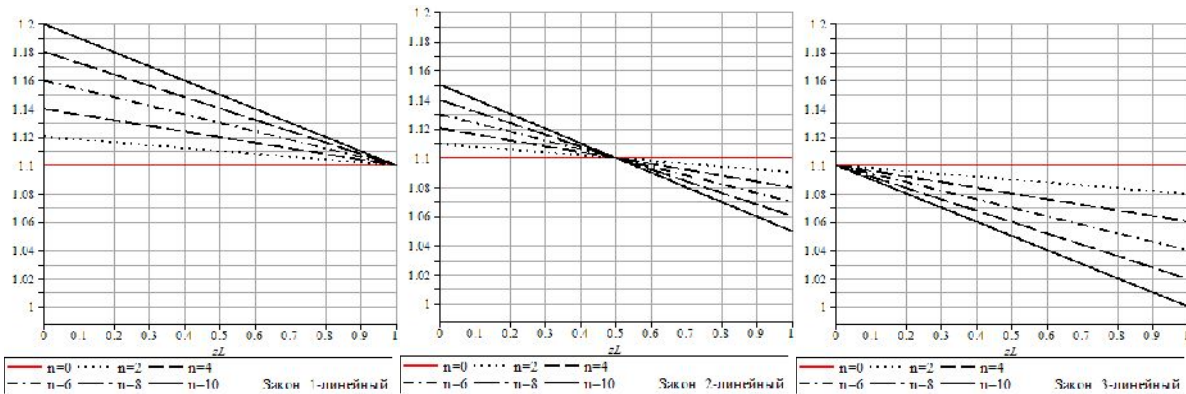


Рис. 1а

Рис. 1б

Рис. 1в

На рис. 1б в начале антенны замедление больше оптимального на величину $0,5n\Delta_N$, а в конце ($z = L$) меньше на величину $0,5n\Delta_N$ по отношению к оптимальному. На рис. 1в в начале антенны замедление равно оптимальному, а в конце меньше на величину $n\Delta_N$ по отношению к оптимальному.

Отметим, что интервал разбиения $\Delta_N = \frac{\Gamma_{opt} - k}{kN} = \frac{\lambda}{2LN}$, где N - число разбиений отрезка $(\Gamma_{opt} - k)$. В этой работе выбрано $N = 10$. Для каждого уровня $n\Delta_N$ ($n = 0, 1, 2, \dots, 10$) выполнялись вычисления ДН и КНД.

Ненормированная диаграмма направленности нашей АБВ рассчитывается по известной формуле [1]:

$$F(\theta) = g_0 \left| \int_0^L e^{ikz(\cos\theta - \xi(z))} dz \right|, \quad (2)$$

где $\xi(z)$ - определяется выражениями (1) соответственно для каждого рассматриваемого закона, а нормированная ДН в направлении осевого излучения согласно её определения

$$f(\theta) = \frac{F(\theta)}{\max F(\theta)}. \quad (3)$$

Как известно, для осесимметричных излучающих систем КНД вычисляется так:

$$D_0 = \frac{2}{\int_0^\pi f^2(\theta) \sin\theta d\theta}, \quad (4)$$

где D_0 - максимальное КНД.

Ниже приводим расчётные ДН для линейных законов:

рис. 2 – все линейные законы при $L/\lambda = 0,5$;

рис. 3 – все линейные законы при $L/\lambda = 2$, $L/\lambda = 5$, $L/\lambda = 10$;

а в таблице 1 приведены значения maxКНД в осевом направлении для линейных законов распределения постоянных распространения источников излучения вдоль линейной антенны.

Нормированные ДН при $L/\lambda = 0,5$

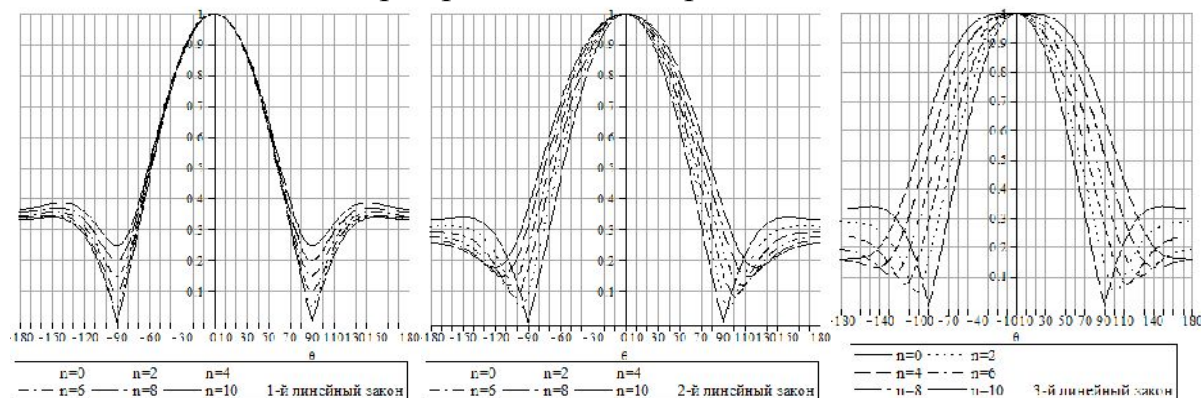
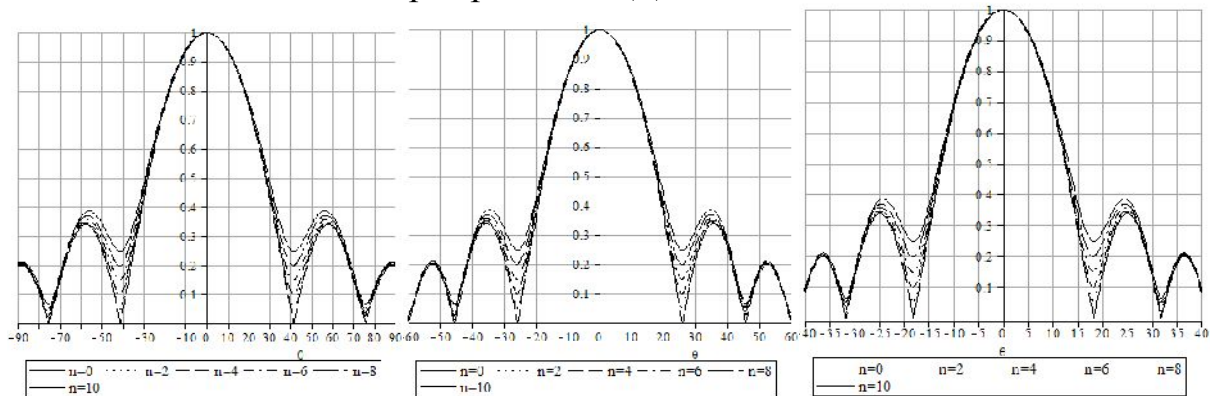


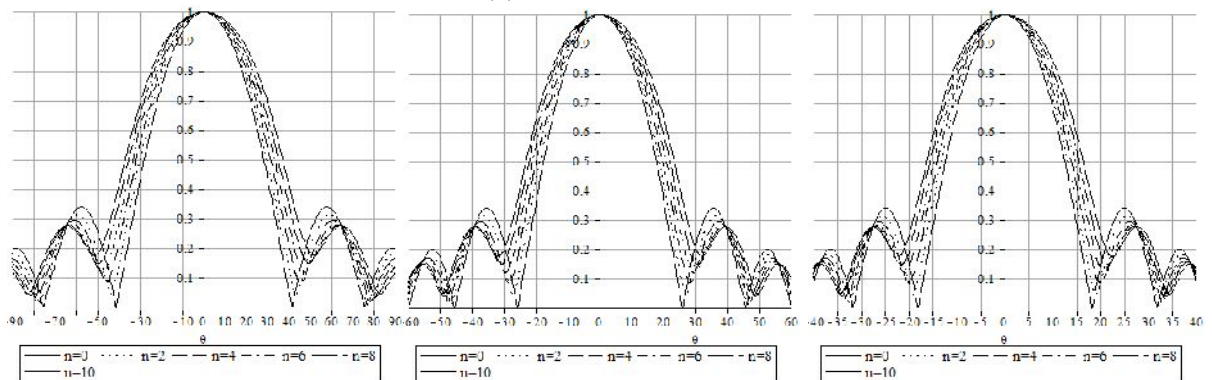
Рис. 2

Из приведённых ДН главный лепесток (1-й закон): ширина ДН на уровне $0,5P$ до $n \leq 10$ не меняется и начинает расширяться при $n > 10$, направления нулевого излучения отсутствуют, а их уровень возрастает с ростом n . Уровень боковых лепестков при $n > 0$ с ростом n всегда увеличиваются.

Нормированные ДН для 1-го закона



для 2-го закона



для 3-го закона

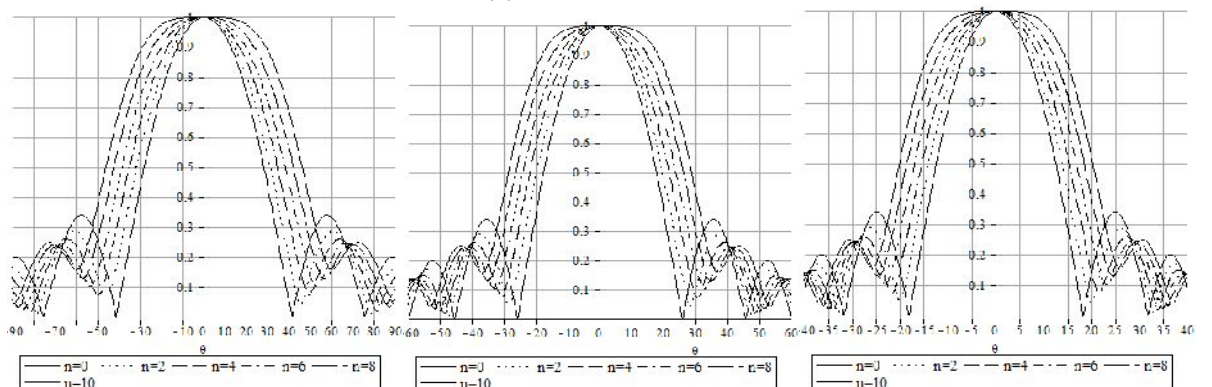


Рис. 3 а) $L/\lambda = 2$

б) $L/\lambda = 5$

в) $L/\lambda = 10$

Главный лепесток (2-й закон): ширина ДН на уровне $0,5P$ с ростом n всегда расширяться при $n > 0$, направления нулевого излучения отсутствуют, а их уровень возрастает с ростом n . Уровень боковых лепестков с ростом n ($0 < n < 10$) уменьшается, а начиная с $n = 10$ увеличиваются.

Главный лепесток (3-й закон): ширина ДН на уровне $0,5P$ с ростом n всегда расширяться при $n > 0$, направления нулевого излучения отсутствуют, а их уровень возрастает с ростом n . Уровень боковых лепестков с ростом n ($0 < n < 9$) уменьшается, а начиная с $n \geq 9$ увеличиваются. Отметим, что при $n > 11$ ДН разваливается, т.е. осевое излучение исчезает и возникает воронкообразная ДН.

Из анализа приведённых ДН для 1-го – 3-го линейных законов изменения коэффициента замедления вдоль излучающей линейной антенны мож-

но сделать следующие выводы:

1. Уровень боковых лепестков при одном и том же n самый низкий в третьем линейном законе, однако, при этом законе, ширина ДН главного лепестка самая широкая, следовательно, КНД для этого закона будет самый низкий.

2. Самый высокий уровень боковых лепестков в первом законе при этом в нём наблюдается самая узкая ширина главного лепестка ДН, поэтому КНД для этого закона будет самый высокий.

Выше сказанное в п. 1 и п. 2 подтверждается результатами расчёта КНД в осевом направлении, которые приведены в таблице 1.

3. С ростом n 1-й закон выигрывает по ширине главного лепестка (он уже), однако, проигрывает по уровню боковых лепестков, которые возрастают. Во 2-м и 3-м законах они убывают.

Таблица 1

1-й линейный закон							
L / λ_0	D_{opt}	Относительный КНД D / D_{opt}					
		$n = 0$	$n = 2$	$n = 4$	$n = 6$	$n = 8$	$n = 10$
0,5	5,150	1	0,991	0,965	0,925	0,874	0,816
2	15,91	1	0,9915	0,967	0,929	0,880	0,823
5	37,41	1	0,9919	0,968	0,932	0,884	0,830
10	73,24	1	0,992	0,970	0,933	0,886	0,833
2-й линейный закон							
0,5	5,150	1	0,953	0,884	0,808	0,732	0,661
2	15,91	1	0,983	0,935	0,871	0,800	0,728
5	37,41	1; 1,001	0,992	0,951	0,892	0,824	0,753
10	73,24	1; 1,003	0,995	0,958	0,900	0,833	0,762
3-й линейный закон							
0,5	5,150	1	0,800	0,766	0,635	0,519	0,419
2	15,91	1	0,952	0,844	0,720	0,600	0,488
5	37,41	1	0,969	0,869	0,747	0,625	0,511
10	73,24	1; 1,001	0,975	0,878	0,757	0,635	0,520

Все закономерности, которые получены из построенных ДН для трёх линейных законов, легко обосновываются, используя для линейных АБВ следующие понятия:

а) коэффициент замедления $\xi > 1$;

Действительно, для 1-го закона область изменения $\xi > \xi_{opt}$, что, как известно, приводит к сужению главного лепестка и увеличению уровня бокового излучения;

для 3-го закона область изменения $\xi < \xi_{opt}$, что приводит к расшире-

нию главного лепестка и уменьшению уровня боковых лепестков;

для 2-го закона область изменения $1 < \xi < \xi_{кр}$, т.е. работаем одновременно в областях 1-го и 3-го законов при $n < 10$, но в области около $\xi = \xi_{opt}$, поэтому расширение главного лепестка будет больше, чем в 1-м законе, но меньше чем в 3-м., а уровень боковых лепестков для 2-го закона выше, чем для 3-го;

б) распределение фазы источников излучения $\psi(z)$ вдоль антенны, изменяющихся по квадратичному закону, ибо согласно равенству (2) $\psi(z) = kz\xi(z)$, тогда любой из 3-х записанных законов в общем виде можно записать $\Gamma(z) = a_0 - b_0z$, поэтому $\psi(z) = a_0z - b_0z^2$, т.е. распределение фазы излучающих элементов по рассматриваемой АБВ меняется по квадратичному закону, что ведёт к расширению главного лепестка и исчезновению нулевых излучений.

Библиографический список

1. Воскресенский Д.И. и др. Устройства СВЧ и антенны. Учебник для ВУЗов. - М.: Радиотехника, 2006.
2. Кюн Р. Микроволновые антенны. -М.: Судостроение, 1967.
3. Гончаренко В.М. и др. Антенны бегущей волны с замедленной фазовой скоростью. Учебное пособие. - М.: МИРЭА, 2000.

УДК: 620.1.08

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОГЛОТИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Гончаров В.А., Волкова А.М., г. Москва, Россия

Введение. В современных приборах широко применяются функциональные и конструкционные радиоматериалы. При разработке таких радиопоглощающих покрытий проводится электродинамический анализ их геометрии, а также экспериментальное исследование комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей. Поэтому разработка способов измерения радиофизических характеристик материалов, в частности композитов [1], является актуальной. Цель настоящей работы заключается в разработке процедуры подтвержденных практическими результатами высокоточных измерений радиофизических параметров применяемых для обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) поглотителей.

Методика радиотехнических и метрологических расчетов. При подготовке к измерениям комплексных диэлектрической и магнитной про-

нищаемостей радиопоглощающих материалов (РПМ) косвенными методами полезно вспомнить элементарные соотношения:

$$\varepsilon = \varepsilon' + i \cdot \varepsilon'', \quad \mu = \mu' + i \cdot \mu'', \quad (1)$$

где ε' , ε'' – действительная и мнимая диэлектрические проницаемости;

μ' , μ'' – действительная и мнимая магнитные проницаемости.

Материальные параметры ε и μ новых радиоматериалов, как правило, измеряются косвенно по методу Николсона-Росса (метод NRW [2, 3]). Сущность метода заключается в том, что реальной композиционной структуре сопоставляется эквивалентный (применительно к отражению и прохождению нормально падающей плоской волны) сплошной материал. Нормированный характеристический импеданс η и показатель преломления n этого материала находятся из формул Френеля–Эйри по известным коэффициентам отражения R и пропускания T :

$$\eta = \sqrt{\frac{(1+R)^2 - T^2}{(1-R)^2 - T^2}}, \quad n = \frac{1}{kD} \left[\arccos\left(\frac{1-R^2+T^2}{2T}\right) + 2\pi m \right], \quad (2)$$

а эффективные материальные параметры выражаются как

$$\varepsilon = n/\eta, \quad \mu = n \cdot \eta. \quad (3)$$

Здесь D – толщина структуры, $k = \omega/c$, c – скорость света, m – любое целое число. Знаки n и η и значение m выбирают обычно так: на низких частотах знаки коэффициента преломления и импеданса определяются однозначно из физических соображений, причем полагается $m = 0$. На более высоких частотах выбор знаков параметров и значения m происходит из соображений непрерывности.

Если необходимо найти расчетное (априорное, теоретическое) значение коэффициента прохождения материала-поглотителя с известными параметрами и конструкцией, то решается задача обратная приведенной выше. В системе нелинейных уравнений (2, 3) численными методами находятся коэффициенты отражения и пропускания по известным материальным параметрам.

При испытании радиопоглощающих покрытий актуальной является задача нахождения погрешностей измерения модулей диэлектрической и магнитной проницаемостей, а также тангенсов углов диэлектрических и магнитных потерь. Допустим, по результатам испытаний (многократных измерений) известны комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости ε и μ , а также абсолютные систематическая s и случайная σ погрешности их измерения.

Тогда модуль относительной диэлектрической проницаемости равен:

$$|\varepsilon| = \sqrt{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2}, \quad \frac{\partial |\varepsilon|}{\partial \varepsilon'} = \frac{\varepsilon'}{\sqrt{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2}}, \quad \frac{\partial |\varepsilon|}{\partial \varepsilon''} = \frac{\varepsilon''}{\sqrt{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2}}, \quad (4)$$

модуль относительной магнитной проницаемости выражается как:

$$|\mu| = \sqrt{\mu'^2 + \mu''^2}, \quad \frac{\partial |\mu|}{\partial \mu'} = \frac{\mu'}{\sqrt{\mu'^2 + \mu''^2}}, \quad \frac{\partial |\mu|}{\partial \mu''} = \frac{\mu''}{\sqrt{\mu'^2 + \mu''^2}}, \quad (5)$$

тангенс угла диэлектрических потерь определяется следующим образом:

$$\operatorname{tg} \delta_{\varepsilon} = \varepsilon''/\varepsilon', \quad \frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\varepsilon}}{\partial \varepsilon'} = -\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'^2}, \quad \frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\varepsilon}}{\partial \varepsilon''} = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon'^2}, \quad (6)$$

а тангенс угла магнитных потерь:

$$\operatorname{tg} \delta_{\mu} = \mu''/\mu', \quad \frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\mu}}{\partial \mu'} = -\frac{\mu''}{\mu'^2}, \quad \frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\mu}}{\partial \mu''} = \frac{\mu'}{\mu'^2}. \quad (7)$$

Абсолютная систематическая погрешность измерения модуля диэлектрической проницаемости вычисляются следующим образом:

$$s_{|\varepsilon|} = \frac{\partial |\varepsilon|}{\partial \varepsilon'} s_{\varepsilon'} + \frac{\partial |\varepsilon|}{\partial \varepsilon''} s_{\varepsilon''} = \frac{\varepsilon' s_{\varepsilon'} + \varepsilon'' s_{\varepsilon''}}{\sqrt{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2}}. \quad (8)$$

Расчет абсолютной систематической погрешности измерения модуля магнитной проницаемости проводится на основании следующего соотношения:

$$s_{|\mu|} = \frac{\partial |\mu|}{\partial \mu'} s_{\mu'} + \frac{\partial |\mu|}{\partial \mu''} s_{\mu''} = \frac{\mu' s_{\mu'} + \mu'' s_{\mu''}}{\sqrt{\mu'^2 + \mu''^2}}. \quad (9)$$

Абсолютная систематическая погрешность измерения тангенса угла диэлектрических потерь находятся посредством соотношения:

$$s_{\operatorname{tg} \varepsilon} = \frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\varepsilon}}{\partial \varepsilon'} s_{\varepsilon'} + \frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\varepsilon}}{\partial \varepsilon''} s_{\varepsilon''} = \frac{\varepsilon' s_{\varepsilon''} - \varepsilon'' s_{\varepsilon'}}{\varepsilon'^2}. \quad (10)$$

Нижеприведенное соотношение позволяет найти абсолютную систематическую погрешность измерения тангенса угла магнитных потерь:

$$s_{\operatorname{tg} \mu} = \frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\mu}}{\partial \mu'} s_{\mu'} + \frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\mu}}{\partial \mu''} s_{\mu''} = \frac{\mu' s_{\mu''} - \mu'' s_{\mu'}}{\mu'^2}. \quad (11)$$

Аналогично абсолютные случайные погрешности измерения модулей материальных параметров определяются формулами:

$$\sigma_{|\varepsilon|} = \sqrt{\left(\frac{\partial |\varepsilon|}{\partial \varepsilon'} \sigma_{\varepsilon'} \right)^2 + \left(\frac{\partial |\varepsilon|}{\partial \varepsilon''} \sigma_{\varepsilon''} \right)^2} = \sqrt{\frac{(\varepsilon' \sigma_{\varepsilon'})^2 + (\varepsilon'' \sigma_{\varepsilon''})^2}{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2}}, \quad (12)$$

$$\sigma_{|\mu|} = \sqrt{\left(\frac{\partial |\mu|}{\partial \mu'} \sigma_{\mu'} \right)^2 + \left(\frac{\partial |\mu|}{\partial \mu''} \sigma_{\mu''} \right)^2} = \sqrt{\frac{(\mu' \sigma_{\mu'})^2 + (\mu'' \sigma_{\mu''})^2}{\mu'^2 + \mu''^2}}. \quad (13)$$

Кроме того, абсолютные случайные погрешности измерения тангенсов углов диэлектрических и магнитных потерь определяются формулами:

$$\sigma_{\operatorname{tg} \varepsilon} = \sqrt{\left(\frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\varepsilon}}{\partial \varepsilon'} \sigma_{\varepsilon'} \right)^2 + \left(\frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\varepsilon}}{\partial \varepsilon''} \sigma_{\varepsilon''} \right)^2} = \frac{1}{\varepsilon'^2} \sqrt{(\varepsilon'' \sigma_{\varepsilon'})^2 + (\varepsilon' \sigma_{\varepsilon''})^2}, \quad (14)$$

$$\sigma_{\operatorname{tg} \mu} = \sqrt{\left(\frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\mu}}{\partial \mu'} \sigma_{\mu'} \right)^2 + \left(\frac{\partial \operatorname{tg} \delta_{\mu}}{\partial \mu''} \sigma_{\mu''} \right)^2} = \frac{1}{\mu'^2} \sqrt{(\mu'' \sigma_{\mu'})^2 + (\mu' \sigma_{\mu''})^2}. \quad (15)$$

И наконец, относительные погрешности результатов косвенных измерений модулей материальных параметров и тангенсов углов потерь вычисляются следующим образом:

$$\Delta_{|\varepsilon|} = \frac{1}{|\varepsilon|} \sqrt{s_{|\varepsilon|}^2 + \sigma_{|\varepsilon|}^2} = \frac{\sqrt{(\varepsilon' \sigma_{\varepsilon'})^2 + (\varepsilon'' \sigma_{\varepsilon''})^2 + (\varepsilon' s_{\varepsilon'} + \varepsilon'' s_{\varepsilon''})^2}}{\varepsilon'^2 + \varepsilon''^2}, \quad (16)$$

$$\Delta_{|\mu|} = \frac{1}{|\mu|} \sqrt{s_{|\mu|}^2 + \sigma_{|\mu|}^2} = \frac{\sqrt{(\mu' \sigma_{\mu'})^2 + (\mu'' \sigma_{\mu''})^2 + (\mu' s_{\mu'} + \mu'' s_{\mu''})^2}}{\mu'^2 + \mu''^2}, \quad (17)$$

$$\Delta_{tg\varepsilon} = \frac{1}{tg\delta_\varepsilon} \sqrt{s_{tg\delta_\varepsilon}^2 + \sigma_{tg\delta_\varepsilon}^2} = \frac{1}{\varepsilon' \varepsilon''} \sqrt{(\varepsilon' \sigma_{\varepsilon''})^2 + (\varepsilon'' \sigma_{\varepsilon'})^2 + (\varepsilon' s_{\varepsilon''} - \varepsilon'' s_{\varepsilon'})^2}, \quad (18)$$

$$\Delta_{tg\mu} = \frac{1}{tg\delta_\mu} \sqrt{s_{tg\delta_\mu}^2 + \sigma_{tg\delta_\mu}^2} = \frac{1}{\mu' \mu''} \sqrt{(\mu' \sigma_{\mu''})^2 + (\mu'' \sigma_{\mu'})^2 + (\mu' s_{\mu''} - \mu'' s_{\mu'})^2}. \quad (19)$$

Заклучение. Таким образом, выше представлена методика определения погрешности косвенных измерений материальных параметров радиопоглощающих покрытий, которая базируется на изложенных в работе [4] теоремах теории измерений величин линейных и нелинейных функций.

В целом по работе можно сказать следующее. Предложенная методика измерения радиофизических характеристик композитов основана на хорошо известном методе Николсона-Росса, который в свою очередь является решением уравнений Френеля. Данная методика дополняется алгоритмами расчета случайных, систематических и суммарных погрешностей измерения радиофизических параметров материалов, в частности магнитоэлектрических композитов. Из расчетов (4-19) видно, что систематическая погрешность может быть учтена и полностью компенсирована до нуля.

Библиографический список

1. Михайлин Ю.А. Специальные полимерные композиционные материалы. – СПб.: Научные основы и технологии, 2008. – 660 с.
2. Белов П.А., Янковская Е.А., Мельчакова И.В., Симовский К.Р. Исследование возможности извлечения материальных параметров из коэффициентов отражения и прохождения плоской волны для многослойных метаматериалов на основе металлических наносеток. - Оптика и спектроскопия, 2010, т. 109, № 1, - с. 90–101.
3. Jarvis J.B., Janezic M.D., Riddle B.F., Johnk R.T., Kabos P., Holloway C.L., Geyer R.G., Grosvenor C.A. NIST Technical Note 1536. National Institute of Standards and Technology, 2005.
4. Мирский Г.Я. Радиоэлектронные измерения. Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Энергия, 1975.

АНАЛИЗ ИСКАЖЕНИЙ ПРЯМОУГОЛЬНОГО РАДИОИМПУЛЬСА В ФИЛЬТРЕ НИЖНИХ ЧАСТОТ С ГАУССОВСКОЙ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Денисов В.Е. доцент

*Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

В работе рассмотрены искажения прямоугольного радиоимпульса

$$s_1(t) = \Pi(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (1)$$

где $\Pi(t) = 1(t) - 1(t - T)$; T – длительность импульса, с; $\omega_0 = 2\pi f_0$ – несущая частота, рад/с; φ_0 – начальная фаза, рад, в фильтре нижних частот (ФНЧ) с комплексной частотной характеристикой (КЧХ) вида

$$H(j\omega) = \exp(-a\omega^2 + j\omega t_3), \quad (2)$$

где ω – угловая частота, рад/с; a – размерный коэффициент, с²; t_3 – время группового запаздывания, с.

Ширина полосы пропускания $\Delta\omega_{\Pi} = 2\pi\Delta F_{\Pi}$ данного ФНЧ на уровне $\exp(-0,5) \approx 0,606$ равна $\Delta\omega_{\Pi} = 1/\sqrt{2a}$.

Частотной характеристике (2) соответствует импульсная характеристика (ИХ) вида

$$h(t) = \exp[-(t - t_3)^2 / (4a)] / (2\sqrt{\pi a}). \quad (3)$$

Длительность ΔT_h характеристики (3) на уровне 0,01 от максимума равна

$$\Delta T_h = 4\sqrt{a |\ln 0.01|} = \sqrt{2 |\ln 0.01|} / (\pi \Delta F_{\Pi}) \approx 1 / \Delta F_{\Pi}.$$

Для обобщенного анализа вне зависимости от конкретных значений величин t , ω_0 , T , a , t_3 , ΔT_h удобно перейти к нормированным безразмерным величинам:

$\Delta T_{hH} = \Delta T_h \Delta F_{\Pi} \approx 1$; $t_H = t \Delta F_{\Pi} \approx t / \Delta T_h$; $t_{3H} = t_3 \Delta F_{\Pi} \approx t_3 / \Delta T_h$; $T_H = T \Delta F_{\Pi} \approx T / \Delta T_h$; $f_{0H} = f_0 / \Delta F_{\Pi}$. Используя результаты работы [1], можно получить следующее выражение для сигнала $s_2(t_H)$ на выходе ФНЧ

$$s_2(t_H) = n(t_H) + s_{2K}(t_H), \quad (4)$$

где $n(t_H)$ – аperiodическая составляющая сигнала $s_2(t_H)$, определяемая по формулам

$$\begin{aligned} n(t_H) &= n_1(t_H) - n_2(t_H), \\ n_1(t_H) &= 0,5[U(x_0, y_1) \cos \varphi_0 - V(x_0, y_1) \sin \varphi_0] \exp(-y_1^2); \\ n_2(t_H) &= 0,5[U(x_0, y_2) \cos \varphi_2 - V(x_0, y_2) \sin \varphi_2] \exp(-y_2^2); \\ x_0 &= f_{0H} / \sqrt{2}; y_1 = \pi \sqrt{2}(t_H - t_{3H}); y_2 = \pi \sqrt{2}(t_H - t_{3H} - T_H); \\ \varphi_2 &= \varphi_0 + 2\pi f_{0H} T_H; U(x_0, y_1) = \operatorname{Re}[W(x_0 + jy_1)]; \\ V(x_0, y_1) &= \operatorname{Im}[W(x_0 + jy_1)], \end{aligned} \quad (5)$$

$s_{2K}(t_H)$ - колебательная составляющая сигнала $s_2(t_H)$, определяемая по формуле

$$s_{2K}(t_H) = \Pi(t_H - t_{3H}) \exp(-x_0^2) \cos[2\pi f_{0H}(t_H - t_{3H}) + \varphi_0], \quad (6)$$

В формулах (5) величина $W(z)$ – интеграл вероятностей от комплексного аргумента, табулированный в [2].

Колебательная составляющая $s_{2K}(t_H)$ представляет собой ослабленный и смещенный на t_{3H} прямоугольный радиоимпульс $s_1(t)$.

Апериодическая составляющая $n(t_H)$ представляет собой наложение двух видеоимпульсов $n_1(t_H)$ и $n_2(t_H)$, разнесенных по времени на T_H . Первый по времени импульс $n_1(t_H)$ сосредоточен в окрестности $t_H = t_{3H}$, а второй $n_2(t_H)$ - в окрестности $t_H = t_{3H} + T_H$. Форма каждого видеоимпульса одинакова и описывается произведением двух функций времени: гауссовской функции, описывающей ИХ $h(t_H)$, и функции, изменяющейся во времени медленнее чем гауссовская функция. Поэтому длительность каждого видеоимпульса приблизительно равна длительности ИХ - $\Delta T_{hH} \approx 1$. Часть видеоимпульса $n_1(t_H)$ при $t_H < t_{3H}$ формирует предвестник выходного сигнала $s_2(t_H)$, а часть $n_2(t_H)$ при $t_H > t_{3H} + T_H$ - его след. Длительность предвестника и следа одинакова и равна $0,5\Delta T_{hH} \approx 0,5$. Поэтому длительность T_{2H} выходного сигнала $s_2(t_H)$ будет равна:

$$T_{2H} = T_H + \Delta T_{hH} \approx T_H + 1.$$

По формулам (4-6) при $t_{3H} \equiv 1$, $T_H = 2$ были рассчитаны временные диаграммы $n(t_H)$ и $s_2(t_H)$, которые приведены на рис. 1-3.

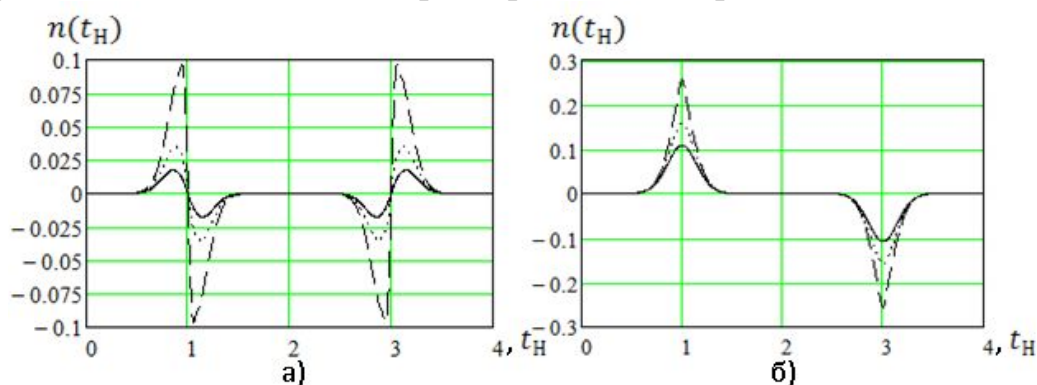


Рис. 1 Временные диаграммы $n(t_H)$: — при $f_{0H} = 4$; - - - при $f_{0H} = 3$; — — при $f_{0H} = 2$; а) - $\varphi_0 = 0$, б) - $\varphi_0 = -\pi/2$

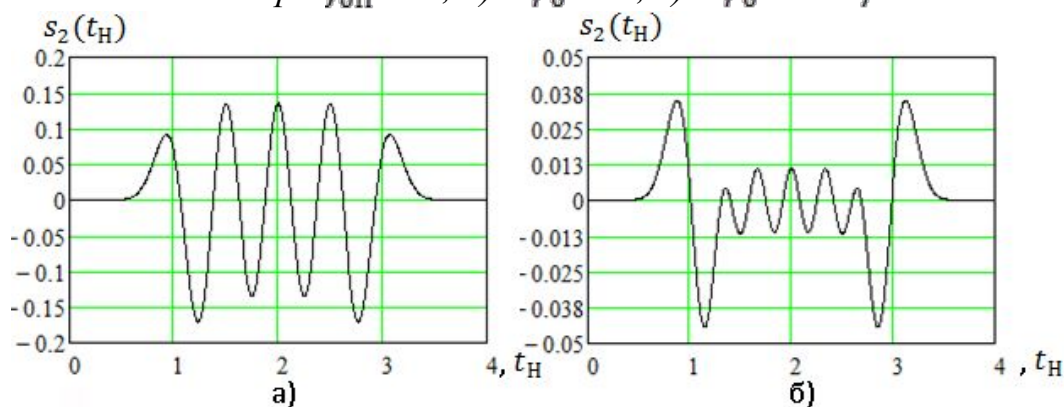


Рис. 2 Временные диаграммы $s_2(t_H)$ при $\varphi_0 = 0$: а) - $f_{0H} = 2$; б) - $f_{0H} = 3$

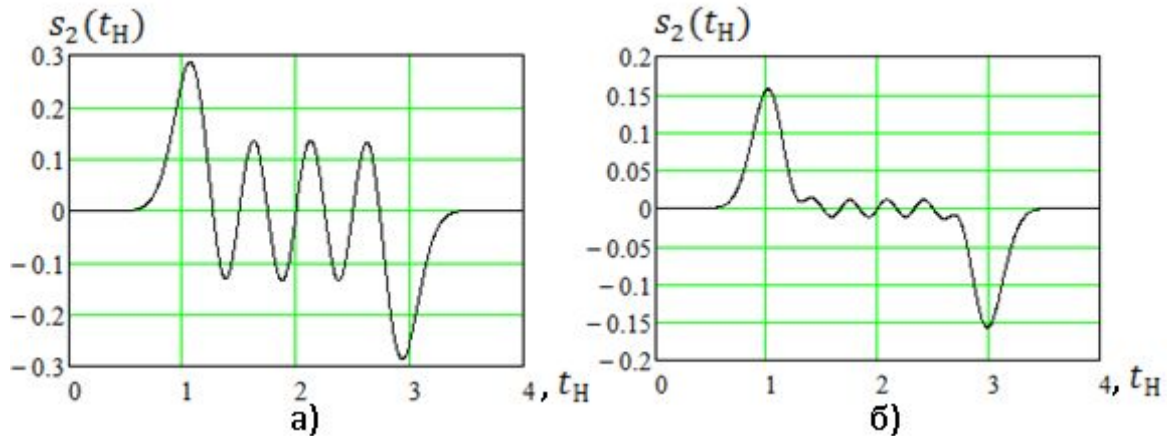


Рис. 3 Временные диаграммы $s_2(t_H)$ при $\varphi_0 = -\pi/2$:
а) - $f_{0H} = 2$; б) - $f_{0H} = 3$

Как видно из рис. 1-3 апериодическая и колебательная составляющие выходного сигнала уменьшаются с ростом частоты f_{0H} . Причем уменьшение колебательной составляющей значительно более сильное чем ослабление апериодической. Поэтому при дальнейшем росте несущей частоты наступит момент, когда амплитуда колебательной составляющей будет существенно меньше амплитуды апериодической составляющей. Последнее будет означать практическую трансформацию входного радиоимпульса в два видеоимпульса длительностью $\Delta T_{\text{вн}} \approx 1$, сосредоточенных в окрестностях $t_H = t_{\text{зн}}$, $t_H = t_{\text{зн}} + T_H$. Физически это обусловлено значительно большим ослаблением высокочастотных ($f_H > f_{0H}$) составляющих спектра входного сигнала по сравнению с низкочастотными ($f_H < f_{0H}$): последние как бы усиливаются по сравнению с высокочастотными и формируют видеоимпульсы, которые накладываются на ослабленный радиоимпульс. Уровень низкочастотных боковых лепестков в спектре импульса с синусоидальным заполнением ($\varphi_0 = -\pi/2$) больше чем в спектре импульса с косинусоидальным заполнением ($\varphi_0 = 0$). Кроме того амплитудный спектр у импульса с синусоидальным заполнением уменьшается с ростом частоты как $1/\omega^2$, а у импульса с косинусоидальным – как $1/\omega$. Поэтому у первого импульса низкочастотные составляющие в спектре имеют больший удельный вес чем у второго. Это и приводит к большей амплитуде апериодической составляющей в выходном сигнале в случае действия импульса с синусоидальным заполнением с частотой $f_{0H} > 1$ (полоса задерживания). При $f_{0H} = 1$ нижняя боковая полоса спектра попадает в полосу пропускания фильтра и энергетические потери в случае импульса с синусоидальным заполнением получаются меньше. Абсолютный уровень боковых лепестков спектра прямоугольного радиоимпульса не зависит от длительности импульса, поэтому и апериодическая составляющая не будет зависеть от нее.

Для количественной оценки искажений удобно использовать энергетический показатель $\delta_E = 10 \lg (E_{2A}/E_{2K})$, где E_{2A} , E_{2K} – энергии аperiodической и колебательной составляющих соответственно. Величина E_{2A} определялась на основе численного интегрирования, а E_{2K} по формуле: $E_{2K} = [0,5T_H + (4\pi f_{0H})^{-1} \cos(2\pi f_{0H}T_H + 2\varphi_0) \sin(2\pi f_{0H}T_H)] \exp(-f_{0H}^2 T_H^2)$, (7) справедливой при любой несущей частоте. Графики зависимости $\delta_E(T_H)$ приведены на рис.4 и 5а. Задаваясь предельно допустимым значением $\delta_E = -10(-20)$ дБ и частотой f_{0H} по графику 5б можно определить минимальное значение $T_{H,min}$ длительности входного сигнала.

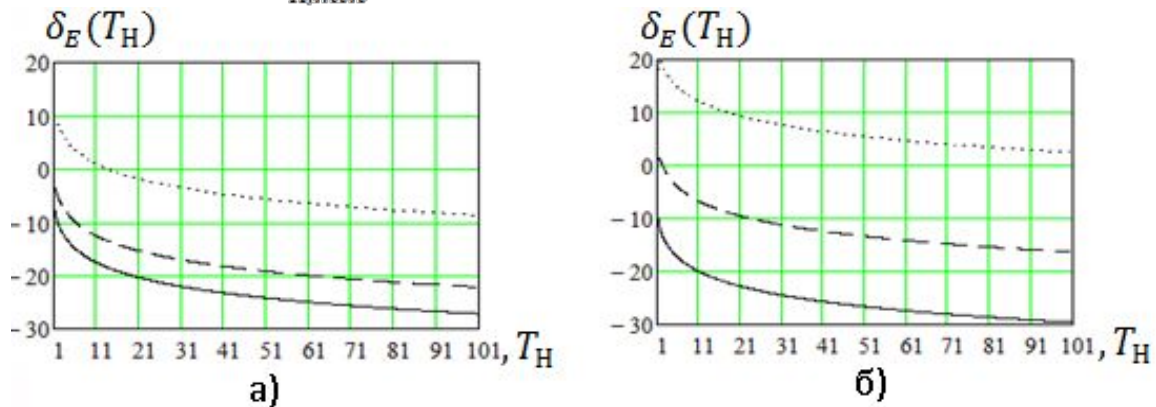


Рис. 4 График зависимости $\delta_E(T_H)$: — $f_{0H} = 1$; — — $f_{0H} = 2$; - - - $f_{0H} = 3$.
а) $-\varphi_0 = 0$; б) $-\varphi_0 = -\pi/2$

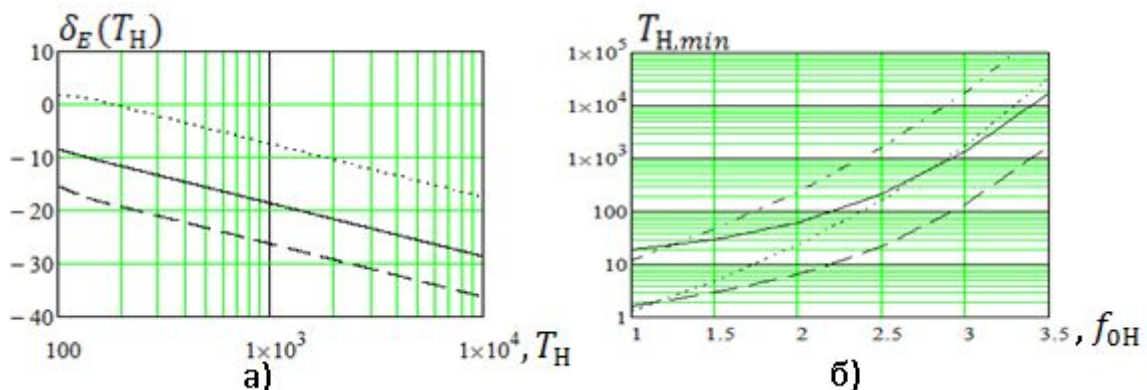


Рис. 5 а) график зависимости $\delta_E(T_H)$: — $\varphi_0 = 0$, $f_{0H} = 3$; — — $\varphi_0 = -\pi/2$, $f_{0H} = 2$; - - - $\varphi_0 = -\pi/2$, $f_{0H} = 3$;
б) график зависимости $T_{H,min}(f_{0H})$: — $\varphi_0 = 0$, $\delta_E = -20$ дБ; — — $\varphi_0 = 0$, $\delta_E = -10$ дБ; — · — $\varphi_0 = -\pi/2$, $\delta_E = -20$ дБ; --- $\varphi_0 = -\pi/2$, $\delta_E = -10$ дБ

Библиографический список

1. Денисов В.Е. Искажения высокочастотных импульсов при прохождении морской среды // 57-я Научно-техническая конференция МИРЭА: Сб. тр. – М.: МИРЭА, 2008. - Ч. 2. Физико-математические науки. - с. 40-45.
2. Фаддеева В.Н., Терентьев Н.М. Таблицы значений интеграла вероятностей от комплексного аргумента. – М.: ГИТТЛ, 1954.

ЗАЩИТА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ОТ ГОЛОЛЕДА С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

*Каганов В.И., д.т.н., профессор
МГТУ МИРЭА, Россия*

Сущность проблемы

Одна из серьезных причин аварий в электроэнергетических системах повышенной мощности состоит в образовании плотного ледяного осадка (гололеда) толщиной до 50-70 мм при намерзании переохлажденных капель дождя, мороси или тумана при температуре от 0 до -5°C на проводах высоковольтных линий электропередачи по причине соприкосновении двух масс воздуха – холодного и теплого.

В результате налипшего льда значительно – до 10 и более раз - увеличивается масса проводов, что приводит, особенно при сильном ветре, к опасным явлениям: обрыву токопроводящих проводов и грозозащитных тросов, недопустимо близкое сближение проводов и их сильное раскачивание, ухудшение защитных свойств изоляторов и разрушение опор.

Особенно интенсивное образование гололеда произошло, например, в Канаде в январе 1998 г., когда в течение более 80 часов на территории площадью в несколько тысяч квадратных километров шёл непрерывный «ледяной» дождь [1]. Из-за большого веса льда, выросшего на проводах, были оборваны многие линии высокого напряжения и разрушено около 1000 опор линий электропередачи. В результате более 4-х миллионов жителей Канады на много дней остались без электричества, а общий экономический ущерб превысил 5 миллиардов долларов. Можно привести и другие примеры масштабного нарушения энергоснабжения по причине гололеда больших территорий в разных странах Северной Европы, России и Китая. Таким образом, борьба с обледенением проводов линий электропередачи является поистине глобальной проблемой, актуальной для многих стран в мире, имеющих регионы с высокой влажностью и низкими температурами.

Традиционный способ борьбы с гололедом, осуществляемый посредством, так называемой плавки при коротком замыкании линий электропередачи и отключением от нее всех потребителей, порой малоэффективен, неудобен, дорог и опасен.

Поэтому имеется настоятельная необходимость в разработке новой, современной технологии не борьбы с гололедом после нараста льда на проводах, а предотвращения его образования при приближении гололедной обстановки. Решать эту проблему можно путем нагрева проводов до темпе-

ратуры $+10 - 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до наступления гололеда. Такой нагрев можно осуществлять с помощью бегущей высокочастотной электромагнитной волны, распространяющейся по линии электропередачи одновременно с основным напряжением промышленной частоты. Никакого короткого замыкания в сети, как при плавке, производить при этом не надо, и никаких потребителей отключать от сети не требуется. Потребитель при таком методе борьбы с гололедом ничего почувствовать не должен, ибо обе волны – промышленной частоты 50 Гц и электромагнитной частотой около 100 МГц – могут одновременно распространяться по линиям электропередачи, образно говоря, не мешая друг другу. Одна волна (частотой 50 Гц) передает электрическую энергию по проводам, а другая (частотой около 100 МГц) – греет эти провода (рис. 1).

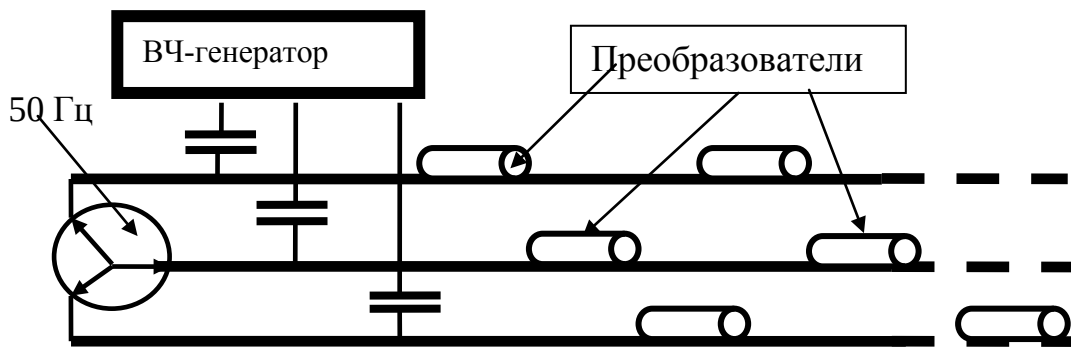


Рис.1

Принцип нагрева линии

Падающая составляющая бегущей электромагнитной волны, распространяющейся вдоль двухпроводной линии бесконечной длины, имеет вид [2]:

$$u_{\text{пад}}(t, x) = U_0 e^{-\alpha x} \cos(2\pi f t - \beta x), \quad (1)$$

где U_0 – амплитуда напряжения на входе линии, к которой подключен генератор частотой f ; x – координата, отсчитываемая от места подключения генератора к линии; $\alpha = R_f / \rho$ (1/м) – постоянная затухания; R_f – погонное сопротивление одного из двух одинаковых проводов, $\beta = 2\pi / \lambda$ – фазовая постоянная; ρ – волновое сопротивление линии, λ – длина волны, соответствующая частоте f .

С учетом (1) мощность падающей волны меняется по закону

$$P_{\text{пад}}(x) = \frac{U_0^2 e^{-2\alpha x}}{2\rho} = P_{\Gamma} e^{-2\alpha x}, \quad (2)$$

где $P_{\Gamma} = (U_0)^2 / 2\rho$ – мощность волны в начале линии, равная при оптимальном согласовании линии с высокочастотным генератором его выходной мощности.

Уравнение баланса мощностей в системе: высокочастотный генератор- линия электропередачи, имеет вид:

$$P_{\Gamma} = P_{\Pi}(x) + P_{\text{изл}}(x) + P_{\text{н}}(x), \quad (3)$$

где $P_{\Pi}(x)$ - мощность потерь электромагнитной энергии, определяемая активным сопротивлением линии и переходящая в тепло, $P_{\text{изл}}(x)$ - мощность излучения линии, $P_{\text{н}}(x)$ - мощность, передаваемая в нагрузку или отражаемая от конца линии.

С повышением частоты электромагнитной волны, распространяющейся вдоль линии, в силу явления скин-эффекта происходит вытеснение тока к поверхности проводника, что приводит к увеличению его удельного сопротивления, значение которого при частоте более 1 МГц для алюминиевого провода составляет [3, 4]:

$$R_{\text{fal}}(F) = 6.047 r R_0 \sqrt{F} \quad (\text{Ом/м}), \quad (4)$$

где r – радиус провода (мм), R_0 – удельное сопротивление того же провода постоянному току, F – частота в МГц.

Согласно (4) при радиусе провода $r=10$ мм его погонное сопротивление по отношению к сопротивлению при постоянном токе возрастает в 190 раз при частоте 10 МГц и в 600 раз при частоте 100 МГц.

Согласно (1) мощность бегущей волны, преобразуемая в тепло из-за активных потерь линии длиной x с учетом скин-эффекта составит:

$$\Delta P(x) = P_{\Gamma} - P_{\text{пад}}(x) = P_{\Gamma}(1 - e^{-2\alpha x}), \quad (9)$$

где $\alpha = R_f / \rho$ - постоянная затухания.

Увеличенное значение коэффициента α при высокой частоте позволяет более эффективно преобразовывать энергию электромагнитной волны в тепло.

Расположив вдоль линии с шагом в 5 - 10 м специальные излучатели графито-керамического типа с большим активным сопротивлением величиной в 1 – 2 кОм, можно существенно увеличить отбор мощности падающей волны на излучение, преобразуемое затем в тепло, нагревающее линию (рис. 1). В результате при достаточно длинной линии можно полностью преобразовать энергию высокочастотной электромагнитной волны в тепло.

Экспериментальная проверка метода

Общая схема эксперимента соответствует рис. 1. В качестве источника энергии использовался изготовленный высокочастотный генератор мощностью 500 Вт частотой 81,36 МГц, разрешенной к применению для промышленных и научных целей согласно «Регламенту радиосвязи». В процессе эксперимента осуществлялся нагрев двухпроводной линии с многожильными алюминиевыми проводами типа АС - 16 радиусом $r = 2,5$ мм и длиной 200 м. Испытания проводились в г. Подольске Московской обл. на территории Подольского химико-металлургического завода. Измерение тем-

пературы проводилось с помощью группы спиртовых термометров, прикрепленных к проводам, и инфракрасного пирометра.

При включенном ВЧ-генераторе температура нагрева керамических преобразователей, в качестве которых использовались сопротивления МЛТ, равнялась от $+50^{\circ}\text{C}$ до $+80^{\circ}\text{C}$ при окружающей температуре $+20^{\circ}\text{C}$, а поверхность проводов нагревается в среднем на $\Delta T = 15...20^{\circ}\text{C}$ относительно температуры окружающего воздуха при удельной мощности затрат вч-электроэнергии около 2 - 3 Вт/м.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования подтвердили принцип нагрева многожильного провода с помощью высокочастотной электромагнитной волны с использованием двух физических явлений: скин-эффекта и дискретного преобразования излучаемой энергии в тепло.

Выводы

1. Разработан метод нагрева многожильных проводов электрических сетей с помощью высокочастотной электромагнитной волны, что должно предотвратить образование на них наледи. В основе нагрева лежат два физических явления: скин-эффект и способ прямого, дискретного преобразования излучаемой электромагнитной энергии в тепло.

2. Предлагаемый способ предотвращает образование наледи на проводах за счет их нагрева при приближении гололедного образования, позволяет не отключать потребителей от сети во время нагрева и экономит количество расходуемой энергии.

3. Экспериментально подтвержден способ нагрева проводов с помощью распространяющейся по ним ВЧ электромагнитной волны.

4. Для практического внедрения нового метода борьбы с гололедом на воздушных линиях электропередачи необходимо изготовить промышленную установку – генератор частотой в диапазоне 100 МГц и мощностью 8 - 10 кВт, и провести натурные испытания.

Библиографический список

1. Гололёд 1998 года в Северной Америке. Internet.
2. Каганов В.И. Колебания и волны в природе и технике. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008.
3. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – М.: ГИТТЛ, 1956.
4. Рамо С., Уиннери Дж. Поля и волны в современной радиотехнике. – М.: ГИТТЛ, 1948.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЯЗАННЫХ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЙ С ПОДВЕШЕННОЙ ПОДЛОЖКОЙ

*Коваленко А.Н., д.т.н., профессор
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Отрезок связанных микрополосковых линий конечной длины, используемый в качестве элемента интегральных схем СВЧ, можно описать матрицей рассеяния, элементы которой определяются из решения задачи о собственных волнах регулярных линий. Особенностью связанных микрополосковых линий является неодинаковость коэффициентов замедления синфазной и противофазной волн, что приводит к ухудшению электродинамических характеристик микрополосковых устройств на связанных линиях. При их проектировании из-за неодинаковости коэффициентов замедления требуется решать проблему точного определения длины участка связи. В данной работе исследуется возможность выравнивания коэффициентов замедления путём применения связанных микрополосковых линий с подвешенной подложкой (СМПЛ), поперечное сечение которых показано на рис. 1.

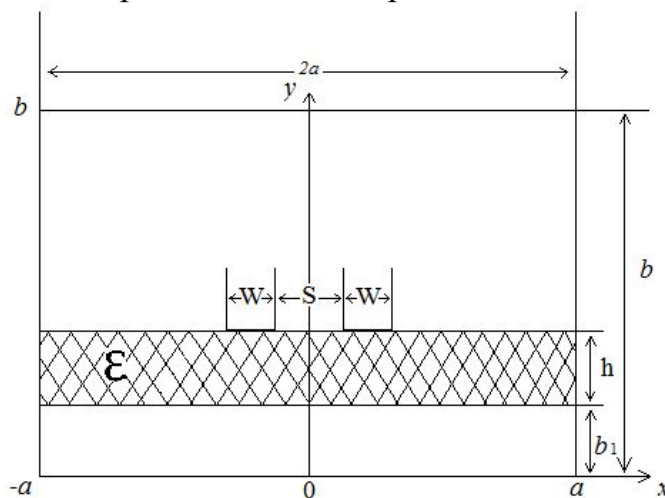


Рис. 1

Параметры линии: W – ширина полосковых проводников; S – расстояние между проводниками; h – толщина подложки; b_1 – высота подвеса подложки; ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость подложки; $2a$, b – размеры экрана.

При одинаковой ширине полосковых проводников задача о собственных волнах связанных линий сводится к двум задачам о собственных волнах одиночной линии: 1) с магнитной стенкой в плоскости симметрии $x=0$; 2) с электрической стенкой в этой плоскости. Из первой задачи определяются собственные волны чётного типа (синфазные волны),

из второй – нечётного типа (противофазные волны). Для волн чётного типа в плоскости симметрии равна нулю тангенциальная составляющая напряжённости магнитного поля. Для волн нечётного типа в этой плоскости равна нулю тангенциальная составляющая напряжённости электрического поля. При решении этих задач используется предложенный в [1] эффективный численно-аналитический метод, в основу которого положен проекционный алгоритм построения решения интегральных уравнений. Обе задачи сведены к бесконечной однородной системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно коэффициентов разложения плотности тока на полосковом проводнике по “чебышевскому” базису. Квазидиагональность матрицы коэффициентов СЛАУ позволяет получить решение методом редукции при небольшом порядке редуцированной СЛАУ. Для собственных волн нечётного типа выражения для матричных коэффициентов имеют такой же вид, как и для экранированной микрополосковой линии, приведённые в [1]. Наличие в линии воздушного зазора между подложкой и нижним экраном приводит лишь к незначительному усложнению функций $G_m^{\text{Э}}$, $G_m^{\text{М}}$, входящих в эти выражения [2]. Для собственных волн чётного типа выражения для матричных коэффициентов представляются в аналогичном виде.

Важными электродинамическими параметрами собственных волн СМПЛ являются коэффициенты замедления и волновые сопротивления синфазной и противофазной волн. Через них определяются элементы матрицы рассеяния и рабочие характеристики восьмиполосника в виде отрезка связанных линий конечной длины при заданных значениях волнового сопротивления подводящих линий. Выражения для элементов матрицы рассеяния приведены в [3]. Коэффициенты замедления определяются из дисперсионного уравнения, получающегося путем приравнивания нулю определителя однородной СЛАУ. Волновые сопротивления определяются через мощность и ток и представляются в виде бесконечных рядов, аналогичных приведённым в [4].

Использование «чебышевского базиса», учитывающего в явном виде особенности поля на краях полоскового проводника, и улучшение сходимости рядов для матричных коэффициентов СЛАУ, что эквивалентно выделению особенности в ядре интегрального уравнения, позволили разработать эффективный алгоритм расчёта собственных волн СМПЛ. Разработанный алгоритм позволяет эффективно решать не только задачи анализа, но и задачи синтеза СВЧ элементов на СМПЛ путём компьютерного моделирования. На основе разработанного алгоритма создана компьютерная программа, позволяющая с высокой точностью и быстродействием решать задачи анализа и синтеза СМПЛ с учётом дисперсии волн. При решении задач анализа по заданным размерам линий, диэлектрической проницаемости подложки и частоты определяются коэффициенты замедления и волновые сопротивления синфазной и противофазной волн. Определяются также рабочие характеристики

восьмиполосника в виде отрезка связанных линий при заданных значениях длины отрезка и волнового сопротивления подводящих линий.

Время решения задачи анализа в широком диапазоне изменения параметров на персональном компьютере (ПК) среднего класса составляет сотые доли секунды. При этом погрешность расчёта коэффициентов замедления и волновых сопротивлений не превышает 0,1%.

При решении задач синтеза по заданным волновым сопротивлениям синфазной и противофазной волн Z_1 , Z_2 определяются ширина полосковых проводников W и расстояние между ними S . Могут также задаваться коэффициент связи $K = (Z_1 - Z_2) / (Z_1 + Z_2)$ и волновое сопротивление связанных линий $Z_0 = \sqrt{Z_1 Z_2}$. В этом случае вначале по заданным K и Z_0 определяются Z_1 и Z_2 , а затем размеры W , S .

При разработке алгоритма решения задач синтеза использовался метод Хука и Дживса [5]. Время решения задачи синтеза на ПК не превышает секунды.

В результате расчётов, выполненных на ПК, исследована зависимость коэффициентов замедления синфазной и противофазной волн от высоты подвеса подложки b_1 . Установлена возможность их выравнивания в широком диапазоне изменения коэффициента связи, волнового сопротивления Z_0 и частоты f .

В таблицу сведены результаты решения задачи синтеза СМПЛ на поликоровой подложке ($\varepsilon = 9.6$) в зависимости от коэффициента связи и частоты при $Z_0 = 50$ Ом. Высота подвеса подложки b_1 определялась из условия равенства коэффициентов замедления синфазной и противофазной волн ($n_1 = n_2 = n$).

f [ГГц].h[мм]		1.0	2.5	5.0	7.5	10	15	20
K=-5дБ	n	2.291	2.291	2.291	2.294	2.297	2.308	2.318
	b_1/h	0.062	0.067	0.074	0.082	0.090	0.108	0.140
	W/h	0.700	0.731	0.731	0.734	0.731	0.674	0.581
	S/h	0.048	0.049	0.051	0.052	0.051	0.047	0.039
K=-10дБ	n	2.257	2.252	2.251	2.257	2.270	2.303	2.336
	b_1/h	0.075	0.082	0.091	0.098	0.103	0.111	0.126
	W/h	1.144	1.170	1.194	1.189	1.158	1.040	0.890
	S/h	0.385	0.398	0.412	0.419	0.414	0.379	0.321
K=-15дБ	n	2.204	2.191	2.186	2.201	2.225	2.285	2.340
	b_1/h	0.094	0.105	0.117	0.121	0.122	0.121	0.124
	W/h	1.249	1.287	1.305	1.294	1.251	1.111	0.950
	S/h	1.014	1.062	1.111	1.114	1.088	0.969	0.813
K=-20дБ	n	2.136	2.110	2.101	2.128	2.170	2.258	2.334
	b_1/h	0.122	0.141	0.158	0.157	0.150	0.136	0.129
	W/h	1.545	1.620	1.650	1.568	1.447	1.215	1.033
	S/h	1.894	2.012	2.134	2.102	1.993	1.706	1.413

Высокая точность и быстродействие созданной компьютерной модели позволяют её эффективно использовать при проектировании направленных ответвителей, фильтров и других микрополосковых устройств.

Библиографический список

1. Коваленко А.Н. Собственные волны микрополосковой линии // Изв. высш. учеб. заведений. - Радиофизика. – 1978, т.21, № 2. - с. 188.
2. Коваленко А.Н. Электродинамическая модель многослойной микрополосковой линии с потерями // В кн.: Автоматизированное проектирование устройств СВЧ. – М.: МИРЭА, 1990. - с.17.
3. Коваленко А.Н. Синтез микрополоскового направленного ответвителя с учётом дисперсии волн // 54 ТНК МИРЭА. Сборник трудов. - М.: МИРЭА, 2005. - ч.3. - с. 73.
4. Коваленко А.Н. К расчёту стыка микрополосковых линий // В кн.: Автоматизированное проектирование устройств СВЧ. - М.: МИРЭА, 1988. - с. 28.
5. Гупта К., Гардж Р., Чадха Р. Машинное проектирование СВЧ устройств // Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1987.

УДК: 629.78

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МИКРОСПУТНИКА ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ «СОЮЗ-САТ-О»

Меньшиков В.А.¹, Меньшикова Л.В.², Меньшиков В.В.², Коровин Г.В.³

¹ *НК «Международный комитет по реализации проекта МАКСМ»*

² *Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики, МГТУ МИРЭА,
Москва, Россия*

³ *НИИ космических систем имени А.А. Максимова - филиал ФГУП
«ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»*

Введение

Современное развитие космонавтики позволяет не только значительно расширить круг решаемых задач, ранее недоступных для космической техники, но, используя наряду с КА среднего и тяжелого класса, так называемые малоразмерные космические аппараты, в том числе микроспутник, значительно сократить затраты на их решение.

Использование простых и дешевых в исполнении микроспутников делает результаты космической деятельности

доступными для широкого круга потребителей, что может значительно повысить вклад космической деятельности в социально-экономическое развитие общества.

Безусловно, микроспутники не могут полностью заменить КА большой размерности, но могут быть важной составляющей обеспечивающей повышение эффективности космической деятельности. Проведенные исследования отечественного и зарубежного опыта создания и эксплуатации микроспутников, подтверждают большие возможности их использования для широкого круга научных и прикладных задач, в том числе: космической низкоорбитальной связи, дистанционного зондирования Земли среднего разрешения, проведения космических исследований, технологических и других экспериментов, выполнения научно-образовательных программ и др.

С учетом вышеизложенного микроспутники были положены в основу орбитального сегмента Многофункциональной космической системы (МФКС) [1], которая создается в рамках Союзного государства.

Назначение и основные характеристики

Микроспутник «Союз-Сат-О», который создается в настоящее время НИИ космических систем им. А.А. Максимова и Производственным объединением «Полёт» должен стать первым шагом в создании орбитального сегмента МФКС.

Микроспутник ДЗЗ «Союз-Сат-О» предназначен для регулярной и оперативной съемки участков земной поверхности в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра с высоким пространственным разрешением, хранения и передачи полученной целевой информации совместно с необходимой служебной информацией на наземные пункты приема.

Микроспутник «Союз-Сат-О» должен обеспечивать как государственных, так и негосударственных потребителей в Российской Федерации и Республике Беларусь информацией с результатами:

- мониторинга особо важных и/или опасных стационарных и подвижных объектов;
- мониторинга аварийно-опасных ситуаций, как природных, так и техногенных, и их последствий;
- мониторинга объектов сельского и лесного хозяйства;
- мониторинга экологической ситуации.

Основные характеристики микроспутника «Союз-Сат-О» представлены в таблице 1.

Таблица 1: Основные характеристики микроспутника «Союз-Сат-О»

Характеристика	Значение
Солнечно-синхронная орбита:	
высота Н, км	575
наклонение I, град	97,7
Число каналов наблюдения:	
панхроматический	1
мультиспектральных	5
Пространственное разрешение на местности, м:	
в панхроматическом режиме	1,7
в мультиспектральном режиме	3,5 - 4,0
Полоса захвата, км / Полоса обзора, км	40,0 / 700,0
Скорость передачи изображений (X – диапазон), Мбит/с	160,0
Объем бортового запоминающего устройства, Гбайт	128,0
Масса, кг	180,0 (240,0)
Срок активного существования, лет	5
Выведение на рабочую орбиту	Попутное
Срок изготовления, лет	2,0 – 2,5

Конструкция

Важной особенностью предлагаемого микроспутника дистанционного зондирования Земли является использование модульного принципа построения служебных систем на базе унифицированных узлов и агрегатов, а также унифицированных устройств сопряжения и интерфейсов взаимодействия аппаратуры и устройств микроспутника.

Функциональная совокупность унифицированных устройств, агрегатов и интерфейсов взаимодействия аппаратуры служебных систем образуют унифицированную микроспутниковую платформу, обеспечивающую решение задач, возлагаемых на комплекс целевой аппаратуры микроспутника.

Конструктивно унифицированная платформа реализована в виде модуля служебных систем, на котором размещаются приборы и устройства целевой аппаратуры. Реализация модульного принципа построения микроспутника позволит обеспечить возможность наращивания его функциональных возможностей и создания микроспутников различного целевого назначения с минимальными конструктивными и технологическими изменениями.

Конструкция и компоновка систем и блоков микроспутника, а также платформы в целом обеспечивают [2]:

- минимальное значение баллистического коэффициента микроспутника;

- условия минимизации массы и габаритов;
- жесткость конструкции;
- необходимый тепловой режим блоков и систем;
- надежные крепления и раскрытие солнечных батарей;
- технологичность сборки и разборки;
- достаточные удобства при техническом обслуживании;
- возможность замены отказавших при наземных испытаниях блоков без замены и регулировки других систем микроспутника.

Компоновочная схема микроспутника предполагает отсутствие гермоотсека. Негерметичное исполнение позволяет уменьшить относительную массу конструктивных элементов, упростить и уменьшить стоимость конструкции интерфейсов для различных типов полезной нагрузки.

Конструктивно микроспутник делится на две части – комплекс служебных систем и комплекс целевой аппаратуры.

Комплекс служебных систем предназначен для обеспечения функционирования микроспутника на всех этапах его эксплуатации и решения задач, возлагаемых на комплекс целевой аппаратуры микроспутника, и представляет собой функциональное объединение следующих комплексов, систем и элементов:

- бортового комплекса управления;
- системы ориентации и стабилизации;
- системы электроснабжения;
- системы обеспечения теплового режима;
- двигательной установки на основе абляционного импульсного плазменного двигателя;
- антенно-фидерных устройств;
- конструкции и механических систем;

В комплекс целевой аппаратуры входят оптико-электронная система высокого разрешения, бортовое запоминающее устройство и бортовая аппаратура радиолинии передачи целевой информации.

Использование платформы «Союз-Сат» в интересах МАКСМ

В качестве специальной и научной аппаратуры на микроспутники типа «Союз-Сат-О» могут быть установлены различные бортовые системы и приборы для мониторинга и регистрации предвестников природных и техногенных катастроф.

В частности, для мониторинга и регистрации таких предвестников землетрясений, как аномальные низкочастотные (УНЧ-КНЧ-ОНЧ) электромагнитные излучения, возмущения квазипостоянных электрических полей, локальные вариации температуры плазмы, аномальные геомагнитные пульсации на

частотах около 1 Гц, выпадения высокоэнергичных частиц, на микроспутники типа «Союз-Сат» может быть установлена следующая бортовая научная аппаратура [3]:

- УНЧ-ОНЧ волновой комплекс для измерения и анализа волновых излучений в диапазоне частот 0,1 Гц – 23 Гц;
- высокочастотный волновой комплекс для измерения спектра электромагнитных излучений в диапазоне 0,1-15 МГц и электронной плотности;
- измеритель электростатических полей для измерения 3-х компонент квазипостоянного электрического поля;
- спектрометр энергичных частиц для измерения энергетического распределения и вариаций интенсивности потоков электронов и ионов с энергиями 20 кЭв - 2 МЭв;
- оптический комплекс для измерения характеристик атмосферных эмиссий;
- плазменный комплекс для измерения ионного и нейтрального состава, плотности, вариаций плотности и компонент скорости дрейфа плазмы.

Необходимо отметить, что часть указанной бортовой аппаратуры уже создана и может быть использована в составе микроспутников космического сегмента МАКСМ.

К данной аппаратуре относятся [3]:

- низкочастотный волновой приемник SAS 2;
- высокочастотный измеритель высотного распределения электронной концентрации от основания атмосферы до высоты КА;
- радиочастотный анализатор;
- научная аппаратура «Татьяна», предназначенная для регистрации и изучения радиации;
- маломассогабаритные Фурье-спектрометры.

Библиографический список

1. Меньшиков В.А., Макаров М.И., Пушкарский С.В. Многофункциональная космическая система Союзного государства. – М.: НИИ КС, 2007.
2. Меньшиков В.А., Клименко Ю.Л., Лысый С.Р. и др. Создание семейства микроспутников «Союз-Сат» многофункциональной космической системы Союзного Государства. Материалы III Белорусского космического конгресса. – Минск: 2007.
3. Space for Security and Prosperity of the Peoples / Editors: J.-M. Contant and V.A. Menshikov. – Moscow: Maksimov Space Systems Research Institute, 2010.

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЯ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ МИКРО-КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.В. Меньшиков

***Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия***

Индустриальная эпоха прошлого 20 века требовала создания технических гигантов, при этом достижением считалось строительство огромных заводов, производство сверхмощных устройств, стабильно шло увеличение габаритных и вещественно-энергетических характеристик. Однако сегодня индустриальный этап себя уже во многом исчерпал. На смену ему пришла информационная эпоха 21 века, для которой с одной стороны экологические проблемы, а с другой накопленные человечеством знания послужили причиной разработки новейших технологий практически во всех отраслях.

Общей особенностью этих технологий является резкое снижение значений параметров, касающихся потребления всех видов вещественно-энергетических ресурсов. В результате уменьшаются размеры, масса, потребление топлива и энергии различных приборов и устройств при одновременном возрастании информационной и интеллектуальной составляющих технических систем и повышении комплексных показателей их эффективности.

Тенденция к миниатюризации и снижению энергопотребления при повышении общей эффективности системы наглядно проявилась в области компьютерной техники и электроники. Достижения в этих областях послужили одним из важнейших катализаторов к переходу от индустриальной к информационной эпохе развития человеческой цивилизации. В настоящее время указанные процессы в полной мере идут и в космической области, в которой создается и эксплуатируется множество космических систем различной сложности и различного целевого назначения. Миниатюризация в космической сфере особенно актуальна, так как запуск 1 кг массы полезной нагрузки на орбиту сейчас составляет несколько десятков тысяч долларов. Кроме того, актуальность создания и применения микро космических аппаратов или микроспутников обосновывается целым рядом других аргументов, основными из которых являются: сокращение сроков разработки с 8-10 до 2-3 лет; снижение стоимости услуг, предоставляемых космической техникой потребителям; снижение затрат на выведения аппаратов в космическое пространство за счет использования конверсионных ракет-носителей и попутного выведения и т. д.

Реальную возможность практической реализации создания микрокосмических аппаратов (КА) или микроспутников для выполнения целевых

задач в космосе обусловило развитие новейших технологий во всех областях человеческой деятельности, использование которых определило основные направления создания бортового оборудования микро КА [1]:

- реализация глубокой интеграция оборудования, что позволяет снизить массо-габаритные характеристики и повысить функциональную гибкость;

- унификация и стандартизация бортового оборудования в части ключевых интерфейсов между системами в пределах микро КА;

- использование шинных технологий для построения коммутационных сетей;

- обеспечение сопрягаемости подсистем не только на уровне аппаратных узлов и блоков, но и на уровне интеграции программных систем, независимо разрабатываемых и принадлежащих разным функциональным подсистемам от разных разработчиков;

- использование перспективных разработок в области нанотехнологий в части создания фотоприемных устройств, солнечных батарей, компонентов средств связи, синтеза трехмерных компонентов микромеханических систем, наноструктурированных пленок, нанотрубных систем и др., а также в области нанoeлектроники для создания мощных бортовых вычислительных комплексов, обладающих высоким быстродействием, надежностью [2], малым энергопотреблением, массой и габаритами, устойчивыми к помехам и излучениям;

- использование принципов микромехатроники, которые определяют направления и возможность комплексирования различных видов энергии для механических, электрических и других систем микро КА.

Определяющей тенденцией при построении бортовых систем микро КА, является глубокая интеграцией бортового оборудования. Эта тенденция уже проявилась в сравнительно новой области науки - авионике, где осуществлен переход от «федеративных» систем к интегрированной модульной авионике (ИМА). Федеративные системы, системы с федеративной архитектурой содержат набор независимых подсистем, каждая из которых состоит из собственных аппаратных средств, программного обеспечения и вычислительных средств, программируемых для выполнения только своих, специфических для данной подсистемы функций.

Интегрированные комплекты бортового оборудования не обособляют оборудование функциональных подсистем, а реализуют совокупность различных задач нескольких традиционных систем на едином комплексе аппаратуры. Целевые подсистемы при таком построении перестают быть закрытыми автономными системами, визуализируются и становятся физически распределенными по компонентам архитектуры, совместно использующими ее интегральные ресурсы. Подобная интеграция ресурсов для решения всего комплекса задач, размывание жестких границ между закрытыми федеративными подсистемами может на порядок снизить число конструктивно-функциональных модулей бортового оборудования на борту микро КА.

Интегрированная модульная авионика является базовой для построения бортового оборудования перспективных летательных аппаратов [3]. Она включает поля датчиков – источников информации, поля исполнительных устройств, аналоговые подсистемы обработки сигналов, программируемую коммуникационную систему для высокоскоростных цифровых сигналов, интегрированную вычислительную систему цифровой обработки сигналов и данных. Интегрированная архитектура перспективного бортового оборудования поддерживается созданием новых, совместимых «сверху - вниз», системообразующих стандартов, которые обеспечивали бы большую технологическую независимость следующего поколения аэрокосмических комплексов.

Аналогичные процессы идут и при разработках космических аппаратов (например, в разработках по заказам ЕКА), где снижение массогабаритных характеристик и повышение функциональной гибкости имеют еще большее значение, чем в авиационных системах.

Перспективная форма сокращения избыточности микроспутника, как целостной системы заключается в распространении принципа интегрированности архитектуры бортового оборудования на совокупность служебного оборудования и оборудования специального комплекса. Интегрированность бортового оборудования, многоцелевое использование технических средств для решения различных функциональных задач является естественным подходом к эффективному использованию технических средств на борту микро КА.

Наряду с направлением, связанным с интеграцией бортовых систем актуально также направление унификации и стандартизации бортового оборудования микроспутника.

В настоящее время ведутся интенсивные работы по разработке унифицированной архитектуры комплексов бортового оборудования (КБО) по стандартизации ее уровней, протоколов и интерфейсов, от уровня физических интерфейсов до уровней стандартизованных сервисов (например, передачи сообщений на прикладном уровне – Application Layer Messaging Service), а также унифицированных объектов и сервисов более высокого уровня (Common Application Objects and Services) для прикладных систем, разработка стандартизованных API (Application Program Interface) для каждого из этих уровней, объектов и сервисов.

Большую активность в этой области проявляют такие организации как European Cooperation for Space Standardization (ECSS) и международные комитеты Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS) и группы Spacecraft On-board Interface (SOIF).

Комитет ECSS (European Cooperation for Space Standardization), создан под эгидой ЕКА в 1993 г. Задачей ECSS является разработка единой системы стандартов для космических систем и аппаратов. Общая техническая политика ECSS состоит в том, что во всех случаях, где это возможно, стандартизовать требования к соответствующим функциям и подсистемам, а не

технические способы их реализации. Большинство технических работ по разработке стандартов координирует исследовательский центр ЕКА ESTEC (European Space Technology Centre).

Работы по стандартизации для бортовых интерфейсов космических аппаратов (SOIF) имеют целью разработку набора полностью открытых, согласованных международных стандартов, которые определяют ключевые интерфейсы между системами в пределах космического аппарата. Важная черта этих работ – создание единого набора стандартов по интерфейсам для КА всех классов.

Обеспечение таких возможностей при проектировании микро КА позволит фокусировать усилия на объединении современных технологий. Определяя набор гибких бортовых интерфейсов, кооперации организаций промышленности по созданию микро КА задается стимул для разработки стандартизированных компонентов, которые будут доступны для выбора и интегрирования их в бортовом оборудовании.

Рабочая группа по разработке бортовых интерфейсов для перспективных космических аппаратов под эгидой NASA рассматривает использование целого ряда интерфейсов и шинных технологий для коммуникационных сетей в космических системах. Среди них IEEE 1394, MIL-STD-1553B, I2C-bus. Проектировщики КА могут выбирать комбинацию из трех шин, которая лучше всего отвечает их приложениям.

Глубокая интеграция бортового оборудования микро КА по-новому ставит вопросы сопрягаемости подсистем, которые необходимо решать не только на уровне аппаратных узлов и блоков, но и на уровне интеграции программных систем – независимо разрабатываемых и принадлежащих совершенно разным функциональным подсистемам от разных разработчиков.

Создание экономически и функционально эффективного микро КА возможно в перспективе на основе использования нанотехнологий, которые позволяют получить:

- помехоустойчивую высокопроизводительную связь, за счет применения квантовых электронных входных каскадов, реализуемых на основе нанотехнологии, при этом уменьшается уровень шумов входных каскадов, что приводит к увеличению дальности связи;
- сверхширокополосные оптические приемники (ультрафиолетового, видимого и инфракрасного диапазонов), работающие без охлаждения, что особенно важно для микро КА;
- градиентные концентраторы, многократно повышающие эффективность солнечных батарей на их основе;
- высокопроизводительные бортовые системы обработки информации, осуществляющие нейросетевые механизмы на основе молекулярной электроники и нанотехнологий;
- чувствительные и селективные (помехоустойчивость при высокой чувствительности) сенсорные устройства, необходимые для эффективного функционирования;

Перспективу для использования при создании микро КА имеют:

- развитие зондовых нанотехнологий по получению стойких к воздействию высоких температур и радиационного излучения наноприборов, разработка многозондовых систем с независимым позиционированием каждого зонда. Эти технологии направлены, прежде всего, на создание фотоприемных устройств, солнечных батарей, компонентов средств связи и синтез трехмерных компонентов микромеханических систем. Кроме того, это направление обеспечивает создание исследовательской аппаратуры для других направлений нанотехнологий и наноматериалов;

- развитие технологий активных фотонных кристаллов на основе правильных упаковок сфер двуокиси кремния с заполнением межсферического пространства различными материалами (полупроводниками, магнитными, пьезоэлектриками, фотохромами и др., а также наноструктурированных пленок и нанотрубных систем). Создание этих технологий направлено, прежде всего, на разработку фотоприемных устройств, высокочувствительных датчиков, устройств на основе автоэлектронных катодов, светоизлучающих приборов, элементов оптоволоконных систем связи;

- развитие молекулярной и биомолекулярной оптоэлектроники, основанных на обработке информации в нелинейных диссипативных средах с распределенными обратными связями. Разработка принципов построения и конструирования молекулярной структуры, определение стратегии и методик синтеза молекулярного элемента, переключаемого электрическим полем. Эти технологии направлены, прежде всего, на создание интегральных схем, устройств обработки изображений, ассоциативной памяти, нейрокомпьютеров, устройств отображения информации.

Следующим перспективным направлением создания бортового оборудования микро КА является направление микромехатроники, которое, например, предлагает рассматривать использование маховиков – элементов систем стабилизации КА – в качестве элементов системы электропитания и конструктивной основы бортового электронного комплекса.

Маховик по определению имеет массу, причем, совершенно определённую, соотносимую с массой КА. Для выполнения своих функций маховик должен обладать заданной массой, которая оказывается «бесполезной» для других систем КА. Представляется целесообразным размещать на маховике для обеспечения его массы блоки электронной аппаратуры КА. В этом случае сокращается общая масса и объём КА. В корпусе маховика можно также размещать другие устройства, например, аккумуляторные батареи.

В качестве второго предложения микромехатроники предлагается рассматривать маховик в качестве накопителя энергии. На солнечной стороне происходит выработка электроэнергии с помощью фотоэлектронных преобразователей. Эта энергия используется наряду с другими назначениями для вращения маховика, который накапливает кинетическую энергию. На теневой стороне происходит возврат кинетической энергии маховика, пре-

образуемой в электрическую энергию, в систему электропитания. Возможности миниатюрных микрочипов, которые автономно устанавливаются в интегрированную систему стабилизации и электропитания, позволяют управлять системой маховиков таким образом, чтобы обеспечивать заданную стабилизацию КА и параметры электропитания КА. В результате повышается эффективность системы электропитания при уменьшении суммарной массы КА.

Маховик может быть использован в качестве платформы для размещения элементов сканирующей системы.

Маховик может быть использован в качестве постоянного энергонезависимого запоминающего устройства большой ёмкости.

Представляет интерес объединение систем электропитания и термостатирования. Налицо противоречие между потребностью аппарата в энергии (электрической) и избытком энергии в виде нагрева его устройств. По оценкам специалистов возможно создать единую энергетическую установку, которая должна преобразовать избыточное тепло в электроэнергию. В результате потребность во внешней энергии существенно уменьшится, соответственно уменьшится масса и размеры аппарата.

Все рассмотренные основные направления разработки бортового оборудования микро КА на основе новых технологий являются базовыми и представляют собой далеко не полный перечень. Будущее покажет, возможно, и другие направления, использование которых может дать эффективные практические результаты. Тем не менее, указанные направления имеют большую перспективу реального применения при создании микро КА.

Библиографический список

1. Меньшиков В.А., Рудаков В.Б., Сычев В.Н. Задачи, основные тенденции и перспективы развития автоматических космических аппаратов // Полет, 2009, № 6.
2. Барзилович Е.Ю., Гнеденко Б.В. О некоторых актуальных проблемах надежности. В кн.: Проблемы надежности летательных аппаратов: сб. статей. / под ред. Образцова И.Ф., Вольмира А.С. - М.: Машиностроение, 1985. – 280 с., ил. - (надежность и качество).
3. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов. - М.: Высшая школа, 1987. – 400 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИОННОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АККУМУЛЯТОРА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЕГО СОСТОЯНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕГО ЕМКОСТИ

*Удалов А.И., к.т.н., доцент, Битюков В.К., д.т.н., профессор,
зав. кафедрой, Марьин С.В., зав. лабораторией
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Интенсивность использования химических источников тока (ХИТ) год от года увеличивается, их используют на транспорте, в портативной аппаратуре, в системах бесперебойного питания электронных средств. Они безусловно нужны, но они и создают организационно-технические и экологические проблемы. Организационно-технические проблемы вызваны не только необходимостью обеспечения потребителей нужным количеством ХИТ соответствующего качества (сюда можно включить, например, емкость, надежность), но и сопровождением их сопутствующим технологическим оборудованием, с помощью которого можно поддерживать их в рабочем состоянии. Простейшие выпрямители с регулировкой напряжения и тока уже не устраивают, нужны умные устройства, которые могут контролировать уровень заряда аккумулятора, определять момент окончания заряда и особенно востребована функция восстановления емкости аккумулятора. Последняя функция не только упрощает эксплуатацию ХИТ, но и увеличивает срок службы аккумуляторов, за счет чего можно уменьшить число используемых аккумуляторов, а это позволит снизить экологическую опасность загрязнения среды.

Характеристики аккумулятора при эксплуатации претерпевают изменения, среди которых следует особо отметить уменьшение емкости и увеличение внутреннего сопротивления.

Потери емкости ХИТ бывают обратимыми и необратимыми. Восстановление емкости можно осуществлять технологическими мероприятиями, используя соответствующее оборудование, позволяющее провести диагностику состояния ХИТ и соответствующее лечение. Лица, проводящие эти мероприятия, должны обладать соответствующей квалификацией.

ХИТ может находиться в единственном экземпляре (элемент в мобильном телефоне), но очень часто в составе аппаратуры находится батарея из нескольких аккумуляторов, а это существенно усложняет диагностику состояния и лечение аккумуляторов батареи.

На основании анализа характеристик аккумуляторов, полученных на разных этапах их эксплуатации, удалось выявить некоторые общие закономерности, присущие аккумуляторам различных типов.

Оценивать состояние аккумулятора по напряжению разомкнутой цепи (НРЦ) очень сложно, так как оно значительно изменяется на разных стадиях эксплуатации и даже в пределах одного разряда.

Напряжение под нагрузкой кажется более подходящей для диагностики величиной, но оно говорит только о том, какой величины ток можно получить на нагрузке.

Отклик на тестовый сигнал, кратковременный, но достаточно мощный, чтобы проявить особенности источника тока, может обеспечить большие возможности для оценки его состояния. Если с элемента снимать в нагрузку ток в виде прямоугольных импульсов, то напряжение химического источника тока в общем виде может быть записано в виде уравнения

$$U = \text{НРЦ} - IR = \text{НРЦ} - I(R_{\Omega} + R_{\text{пол}}),$$

где I - ток импульса, R - полное сопротивление ХИТ, R_{Ω} - омическое сопротивление, определяемое сопротивлением токоподводящих деталей электродов, их активных масс и сопротивлением электролита, $R_{\text{пол}}$ - поляризационное сопротивление, отражающее скорость электрохимических реакций.

Если величина $I R_{\Omega}$ повторяет форму импульса тока, то изменение поляризационного потенциала $I R_{\text{пол}}$ зависит от скорости перемещения зарядов в аккумуляторе, причем основное влияние имеет концентрация положительных ионов.

Активная масса аккумулятора в процессе эксплуатации периодически активируется и деактивируется. Этот процесс в идеале должен происходить во всем объеме активной массы, но это может сопровождаться повреждением аккумулятора, например, может возникнуть короткое замыкание дендритами металлов через сепаратор, в батарее отстающий аккумулятор может переполноситься, и т.д. Для каждого аккумулятора в технических условиях приводятся данные минимально допустимых напряжений при разряде, например, для никель-кадмиевых аккумуляторов такое напряжение равно 1,0 В. Наличие такого ограничения приводит к тому, часть активной массы (область 1 на рис. 1) полноценно участвует в процессе активации-деактивации, из этой области возможен сильноточный разряд за минимально возможное время. Область 2, находящаяся вблизи сепаратора, ограниченно участвует в работе. Из-за наличия неоднородности распределения активной массы, диффузии примесей в процессе работы возникают неоднородности распределения электрического потенциала, что приводит к образованию застойных областей. Эти области имеют шлакообразную пористую структуру, причем размер пор вблизи сепаратора уменьшается. Граница между областями 1 и 2 перемещается вправо, емкость аккумулятора уменьшается, а в области 2 накапливается некоторый положительный заряд, практически не используемый при эксплуатации аккумулятора. Такова гипотетическая ионная гидродинамическая модель аккумулятора, основанная на анализе характеристик аккумуляторов, полученных на разных этапах их эксплуатации, сравнения полученных данных с имеющимися в литературных источниках [1, 2].

Напряжение на выводах аккумулятора после отключения нагрузки скачкообразно увеличится на величину $I R_{\Omega}$ и будет непрерывно изменяться под воздействием величины $I R_{\text{пол}}$: из области 2, где концентрация положительных зарядов выше, чем в области 1, вытекающий поток ионов выравнивает распределение потенциалов по всему объему аккумулятора. Изменение напряжения на выводах аккумулятора будет тем больше, чем больше глубина разряда и чем больше у аккумулятора потери емкости в результате старения.



Рис. 1 Характерные области аккумулятора: 1 – отсюда возможен сильноточный разряд за минимальное время; 2 – зашлакованная крупнопористая структура, содержащая ограниченный заряд

Заряженный аккумулятор в областях 1 и 2 имеет одинаковую концентрацию зарядов, поэтому потенциал в любой точке его объема постоянный. При заряде и разряде концентрация зарядов изменяется, соответственно будут меняться и потенциалы. Область 1 имеет достаточно малое гидродинамическое сопротивление и наклон разрядной характеристики небольшой. После разряда и перераспределения зарядов из области 2 в область 1 напряжение на выводах аккумулятора может возрасти на 0,03...0,1 В. У изношенного аккумулятора увеличение может достигать величины 0,2 В (рис. 2).

Использование лечебных циклов с малыми токами заряда и разряда позволяет устранять объемное шлакование в области 1 и не затрагивает область 2. Восстановление емкости при этом будет незначительным. Существенного восстановления емкости можно добиться за счет контролируемого многократного глубокого разряда малыми токами. На рис. 2 представлен результат восстановления емкости литий-ионного аккумулятора BL-4С. Длительность разряда на резистор 40 Ом с использованием рабочего напряжения выше 3,5 В увеличилась с 4,75 до 7,1 час.

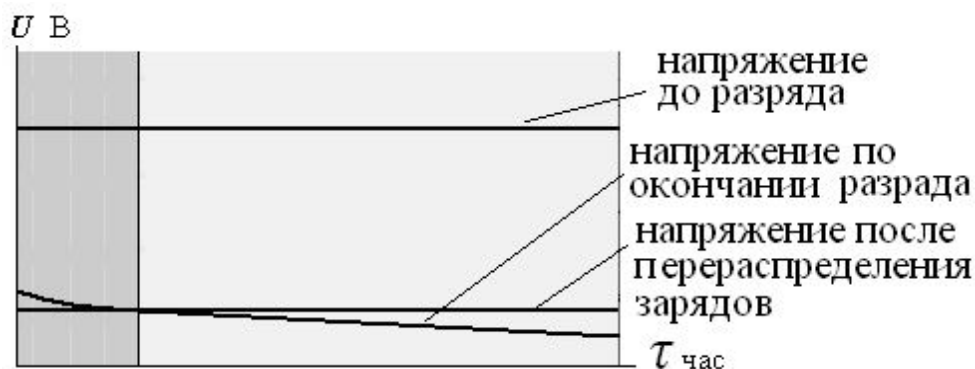


Рис. 2 Изменение потенциалов по областям аккумулятора

Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторы также успешно подвергались восстановлению емкости путем поэтапного разряда нормальным током до 1 В, затем слаботочным контролируемым разрядом до 0,4 В. Процесс восстановления прерывался после прекращения увеличения длительности разряда (3 - 5 циклов).

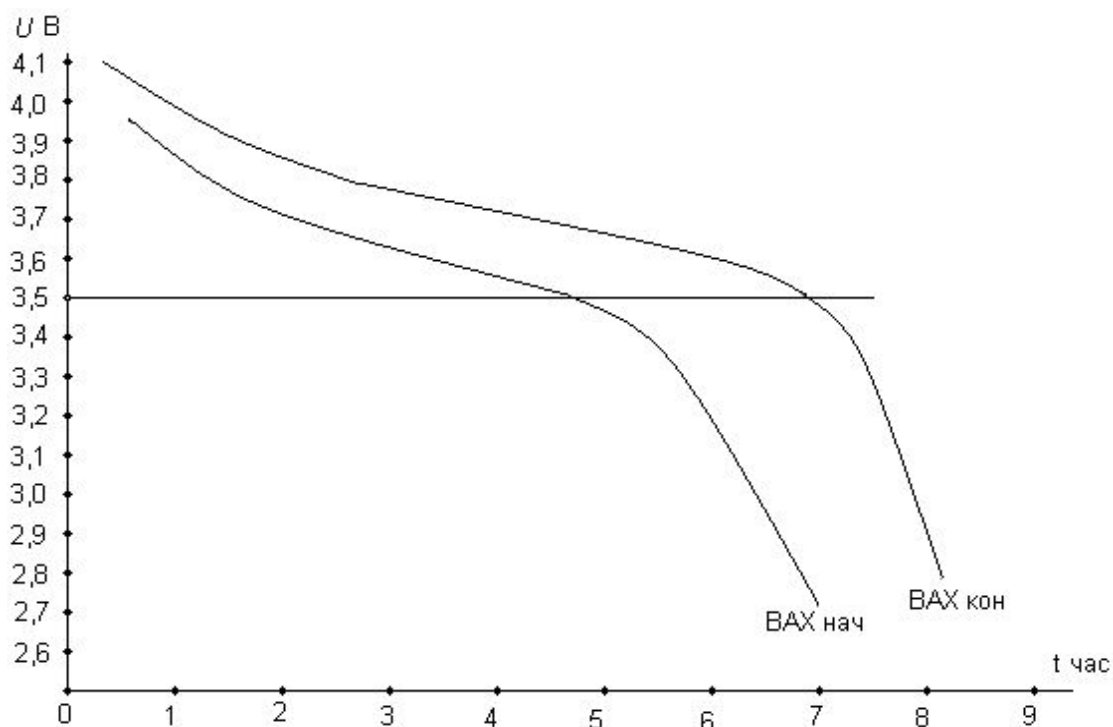


Рис. 3. Изменение разрядной характеристики литий-ионного аккумулятора BL-4C после использования слаботочных контролируемых глубоких разрядов до 2,7 В, количество циклов – 5

На основе экспериментальных исследований разработана ионная гидродинамическая модель аккумулятора, позволяющая оценивать состояние аккумулятора и прогнозировать возможность восстановления его емкости.

Практически подтверждена возможность восстановления емкости литий-ионных, Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторов.

Библиографический список

1. Таганова А. А., Бубнов Ю. И., Орлов С. Б. Герметичные химические источники тока: Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации: Справочник. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2005. - 264 с., ил.
2. В. Васильев, Аккумуляторы: Академия для неинженеров, сообщение на сайте <http://www.ixbt.com/mobile.shtml#accum>

НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ МОЩНЫХ КЛИСТРОНОВ ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ БОРТОВЫХ РЛС

*Королёв А.В., к.т.н., нач. лаб., Синельщиков К.В., инж. 2 кат.,
Шаплов В.Н., нач. лаб. ОАО «Концерн «Вега», г. Москва, Россия*

В зависимости от требуемых параметров выходные каскады мощных передающих устройств бортовых радиолокаторов выполняются на различных электровакуумных приборах. Так, максимальную импульсную мощность обеспечивают пролётные клистроны, лампы бегущей волны – широкую полосу частот, а магнетроны имеют малые стоимость и габариты при достаточно высоких КПД и выходных мощностях [1]. Для мощной радиолокационной станции важным параметром является энергия зондирующего импульса, зависящая от его длительности, а также величин тока и напряжения катода усилительного прибора выходного каскада.

Так как рабочие напряжение и ток катода ограничены параметрами самого усилительного прибора, увеличение излучаемой энергии обеспечивается увеличением длительности зондирующих импульсов, что накладывает более жёсткие требования к высоковольтному электропитанию и, как следствие, к необходимости его модернизации с использованием современных идей и комплектующих. В существующих передающих устройствах высоковольтное питание клистрона осуществляется одним мощным источником ИП_{КТ}, работающим на один накопитель большой ёмкости $C_{КТ}$ (рис. 1), а резонатор (рз) и коллектор (кл) имеют потенциал корпуса [2]. Соответственно увеличение длительности импульсов при заданном допустимом падении напряжения промежутка катод-резонаторы (кт-рз), обусловленном требованиями к сколу зондирующего импульса, осуществляется путём повышения ёмкости накопителя $C_{КТ}$. Однако при базировании радиолокатора на летательных аппаратах такой подход имеет ограничения, так как с ёмкостью накопителя увеличивается и его масса.

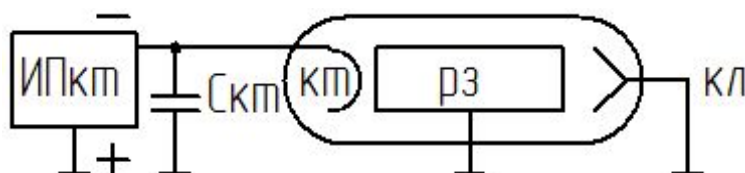


Рис. 1 Высоковольтное питание клистрона

Другим подходом является построение системы высоковольтного питания клистрона по аналогии с таковой для ламп бегущей волны (ЛБВ). Последние предъявляют другие требования к высоковольтному питанию.

Обычно напряжение коллектора берут равным (40-60)% катодного (рис. 2) [3], что обеспечивает ток по цепи катод-коллектор равным 90% от тока катода и позволяет существенно повысить КПД [1]. При этом к источнику цепи коллектора предъявляются существенно менее жесткие требования по стабильности питания.

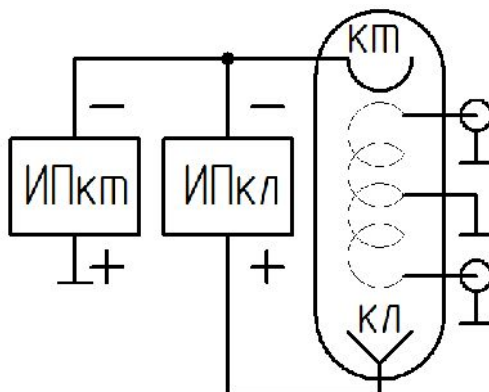


Рис. 2 Высоковольтное питание ЛБВ

Построение системы высоковольтного питания клистрона по схеме, представленной на рис. 2, позволяет уменьшить общую ёмкость накопителя. Так как последняя при заданной длительности импульса определяется допустимым падением напряжения промежутка (кт-рз) и током катода, (85 - 90)% которого течёт через коллектор (кл), целесообразно разделить общий накопитель на два. Один из них ($C_{кт}$) поддерживает на допустимом уровне падение напряжения промежутка (кт-рз) при относительно малом токе $I_{рз} = (10 - 15)\% I_{кт}$, второй ($C_{кл}$) – поддерживает напряжение промежутка катод-коллектор (кт-кл) выше, чем промежутка (кт-рз), при большом токе $I_{кл} = (85 - 90)\% I_{кт}$. Для заряда соответствующих емкостей накопителя потребуется 2 источника – ИП_{кт} и ИП_{кл}. Падение напряжения на накопителе $C_{кл}$ может быть достаточно большим, единственным условием является поддержание положительного потенциала коллектора относительно резонатора, так как в противном случае существенно возрастёт ток резонаторов, что выведёт из строя лучевую систему клистрона. Для защиты в случае пробоя клистрона используется газовый разрядник FV1. Система высоковольтного питания клистрона по такой схеме приведена на рис. 3.

Выигрыш в величине накопителей при длительности импульса $\Delta t = 100$ мкс проиллюстрируем расчётом для клистрона со следующими параметрами:

Ток катода $I_{кт} = 50$ А, напряжение катода $U_{кт} = -27$ кВ, допустимое падение напряжения катод-резонатор 1%.

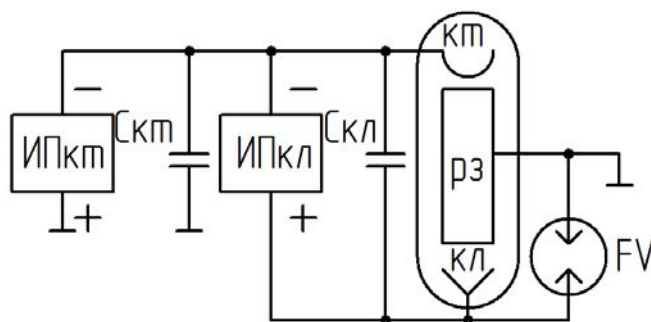


*Рис. 3 Система высоковольтного питания клистрона с
раздельным питанием коллектора и резонатора*

Тогда ёмкость накопителя при питании клистрона по схеме на рис. 1 составит:

$$C_{КТ} = \frac{I_{КТ} \Delta t}{\Delta U_{рз}} = \frac{50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{27 \cdot 10^3 \cdot 0,01} = 18,5 \text{ мкФ.}$$

Запасаемая энергия составит 6,7 кДж.

В случае высоковольтного питания по схеме, приведенной на рис. 3 ёмкость цепи катод-резонатор $C_{КТ}$ составит:

$$C_{КТ} = \frac{I_{рз} \Delta t}{\Delta U_{рз}} = \frac{5 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{270} = 1,9 \text{ мкФ,}$$

ближайший номинал 2,2 мкФ.

Возьмём ёмкость промежутка катод-коллектор $C_{КЛ}$ такую же, как промежутка катод-резонатор, то есть 2,2 мкФ. Тогда падение напряжения составит:

$$\Delta U_{КТ-КЛ} = \frac{I_{КЛ} \Delta t}{C_{КЛ}} = \frac{45 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{2,2 \cdot 10^{-6}} = 2045 \text{ В,}$$

то есть с запасом напряжение промежутка катод-коллектор должно быть 29,5 кВ.

Общая ёмкость составит 4,4 мкФ, что более чем в 4 раза меньше чем в случае высоковольтного питания по схеме, представленной на рис. 1. В рассмотренном случае выигрыш по массе конденсаторов, при использовании современных К75-93, составляет 100 кг. Также за счёт снижения ёмкости, соответственно и запасаемой энергии, облегчается режим работы системы перехвата энергии при пробое клистрона и повышается срок его службы. В рассмотренном случае запасаемая энергия составит 1,6 кДж.

При такой конфигурации источников в случае пробоя напряжение промежутка коллектор-резонаторы станет равным напряжению промежутка катод-коллектор. В этом случае для предотвращения повреждения клистрона при пробое в промежутке коллектор-резонаторы следует установить газовый разрядник FV на импульсный ток порядка нескольких кА.

С учётом того, что допустимое падение напряжения промежутка катод-резонатор линейно зависит от длительности импульсов, можно рассчитать, что такая конфигурация системы высоковольтного питания клистрона даёт снижение ёмкости накопителя по сравнению со схемой, показанной на рис. 1 при длительностях импульсов от 10 мкс до 200 мкс примерно в 3 раза.

Масса источника промежутка кт-рз составляет (10 - 15)% от массы источника промежутка кт-кл.

Однако предложенная схема не лишена и недостатков. Так, для её реализации требуется дополнительный источник, а также несколько снижается КПД. В случае реализации системы питания по схеме, представленной на рис. 1 выходная импульсная мощность источника:

$$W_1 = I_{KT} U_{KT} = 50 * 27 * 10^3 = 1,35 \text{ MBm},$$

тогда как в случае реализации по схеме, представленной на рис. 3 выходная импульсная мощность обоих источников:

$$W_2 = I_{KL} U_{KT-KL} + I_{P3} * U_{KT} = 45 * 29,5 * 10^3 + 5 * 27 * 10^3 = 1,46 \text{ MBm}.$$

То есть выходная импульсная мощность источников, а значит и средняя потребляемая, возросла на 8,3%.

Тем не менее, сокращение массы имеет большое значение в бортовых радиолокаторах, и рассмотренная система высоковольтного питания клистрона может найти широкое применение.

Библиографический список

1. Principles of Modern Radar: Basic Principles. Mark A. Richards, James A. Scheer, William A. Holm., 2010.
2. The klystron RF systems for the Indiana University LENS accelerator. William A. Reass, Daniel E. Rees, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, U.S.A., Vladimir P. Derenchuk, Thomas C. Rinckel, Gerard J. Visser, Indiana University, Bloomington, Indiana, U.S.A., 2007.
3. Homebrew TWT power supplies. 14 international EME Conference, Dallas-Ft.Worth, Texas. Gerald Williamson, Al Ward, 2010.

УДК: 537.86. 621.373

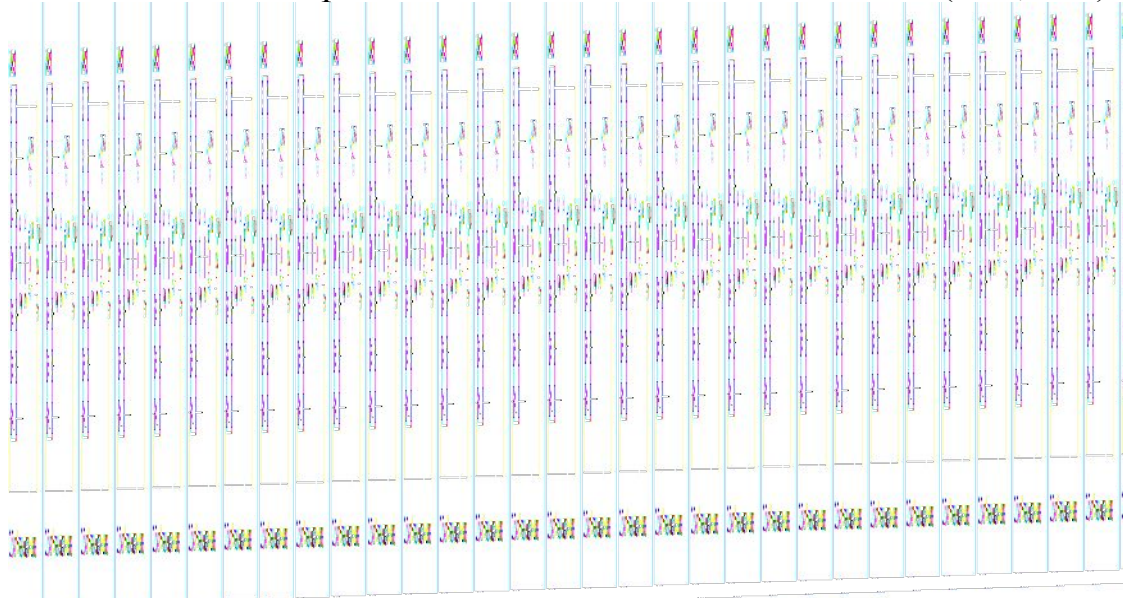
ЧАСТОТНЫЙ МОДУЛЯТОР ПИЛООБРАЗНЫХ ИМПУЛЬСОВ С НЕШТАТНОЙ РАБОТОЙ МИКРОСХЕМЫ

***Бирюкова К.С., Муниципальное общеобразовательное учреждение
«Гимназия №5», г. Юбилейный Московской области, Россия***

Работа началась как чисто техническая – изготовить известное устройство на микросхеме 74LS04 для глушения радиосигнала. Устройство было собрано, испытано, однако должный эффект достигнут не был [1]. Стали исследовать работу схемы с подключённым осциллографом при различных напряжениях питания – от 0 до 15 вольт [2-4]. Но каково же было удивление, когда на схему было подано напряжение питания приблизительно 2В! Схема заработала так, как никто не ожидал. На осциллографе появился

идеальный пилообразный сигнал. Оказалось, что пилообразный сигнал возникает на выходе микросхемы только в очень узком диапазоне напряжения питания – от 2,4 В до 2,8 В. При меньших и при больших напряжениях [3] питания микросхемы пилообразный сигнал на выходе сразу же пропадал. В настоящее время причина этого явления только начинает изучаться. Аналогично в этом отношении поведение отечественных микросхем-аналогов К155ЛН1 и КМ155ЛН1, с теми же новыми свойствами при пониженном напряжении питания.

Первое свойство уже отметили – это генератор идеального пилообразного напряжения с очень малым (8% и менее) искажением сигнала на фронте. На основе этого свойства было собрано устройство для визуального наблюдения пилообразного сигнала очень низкой частоты (до 0,1 Гц).



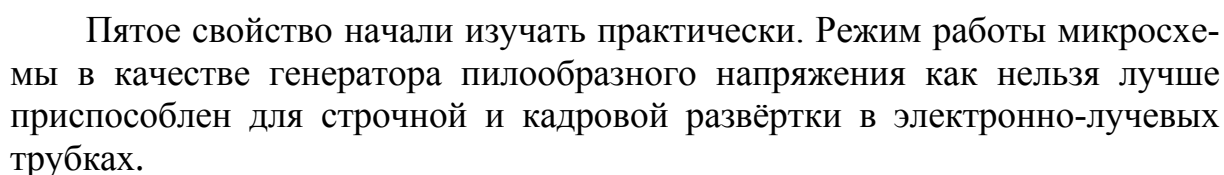
Емкость конденсатора С2 можно изменять в небольших пределах. При этом надо помнить правило: чем больше ёмкость С2, тем дольше открыт транзистор, при маленькой ёмкости светодиод мигает кратковременно.

Второе свойство – полное отсутствие нагревания микросхемы. Схему оставляли работать на сутки, потом, не выключая, прикасались к ней термопарой – температура микросхемы не отличалась от комнатной.

Третье свойство – ещё интереснее! Это очень сильная зависимость частоты пилообразного сигнала от напряжения питания (пониженного до 2,4 - 2,8 В). Колебание напряжения питания в пределах 400 мВ приводит к изменению частоты пилообразного сигнала в тысячи и даже миллионы раз. Это означает сверхчувствительность (30 - 60 дБ) схемы к напряжению питания. Её можно использовать в милливольтметрах, в компараторах, в преобразователях «напряжение-частота». На основе этой микросхемы можно сделать очень чувствительный вольтметр с регистрацией результата измерений на частотомере, который тарирован в вольтах.

Четвёртое свойство – сдвоенный генератор пилообразного напряжения на одной микросхеме с различными частотами. Зависимость от напряжения питания привела к очень простой реализации схемы частотной модуляции

Первый частотный модулятор пилообразных сигналов собран по схеме, представленной ниже. Этот модулятор использует пилообразные сигналы как несущие, а модулируются звуковые колебания от микрофона.



Практическим применением схемы при очень малых частотах (0,2 - 0,5 Гц) заинтересовались школьные логопеды при отработке правильного дыхания, особенно у заикающихся детей. Правильное дыхание – это резкий вдох и плавный выдох, то есть то, что схема позволяет реализовать зрительно, как это делается в установках с биологической обратной связью. Демонстрационная установка для таких занятий собрана со стрелочным прибором (микроамперметром), показана логопедам, дорабатывается для применения.

Таким образом, сверхнизкое напряжение питания, при котором микросхема по паспорту должна «молчать», выявило новые знания [6-8], новые свойства, новые возможности и новые практические применения микросхемы в известных приборах.

Библиографический список

1. Шило В.Л. Популярныe цифровые микросхемы. Массовая радиобиблиотека. Выпуск 1111. Справочник. Издание второе, исправленное. – Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение, 1989. – 352 с.: ил.
2. Иванов Б.С. Электронные игрушки. Массовая радиобиблиотека. Выпуск 1115. – Москва: Радио и связь, 1983. – 80 с., ил.
3. Пилтакян А.М. Радиолюбительские приборы и измерения. Массовая радиобиблиотека. Выпуск 1131. – Москва: Радио и связь, 1989. – 96 с.: ил.
4. Козлова И.С., Щербаков Ю.В. Справочник по радиотехнике. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 314 с., ил.
5. Бирюкова К.С. Передача информации новым способом частотной модуляции // Материалы XXIII Международной конференции «Применение новых технологий в образовании». – Город Троицк, Московская область, 27-28 июня 2012 г. – с. 346-347.
6. Бирюкова К.С. Новые возможности микросхем при нештатном питании // Научные труды в 8 томах. Том 3 / Молодёжная научная международная конференция «Гагаринские чтения – XXXVIII» . – Москва, РГТУ-МАТИ им. К.Э.Циолковского, апрель, 2012 г. – с. 7-9.
7. Дроботов В.Б., Бирюкова К.С. Новые возможности микросхем при нештатном питании // Материалы Международной школы-семинара «Физика в системе высшего и среднего образования России» / Актуальные проблемы преподавания физики в ВУЗах и школах постсоветского пространства / Под ред. проф. Г.Г.Спирина. – Москва, Московский авиационный институт, АПР, июль 2012 г. - с.73-34.
8. Бирюкова К.С. Новые возможности микросхем при нештатном питании // Программа Всероссийского конкурса научных работ школьников Юниор-2012. – Москва. – НИЯУ МИФИ, февраль 2012 г., доклад №56.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ СРЕДСТВ РЕЗОНАНСНОГО КОНТРОЛЯ

*Богданов С.П., Басов О.О., к.т.н.
Академия ФСО России, Орел, Россия*

В ряде отраслей промышленности технологические процессы неразрывно связаны с необходимостью измерения влажности обрабатываемых материалов, для которого зачастую используют двухпараметровые устройства, реализующие резонансный способ контроля. Использование совокупности двух параметров (амплитуды и фазы) позволяет повысить чувствительность и разрешающую способность устройства [1].

Изменение влажности приводит к изменению емкости датчика, пропорционально которой изменяются как резонансная частота контура, так и амплитудно-фазовые характеристики сигнала, снимаемого с контура.

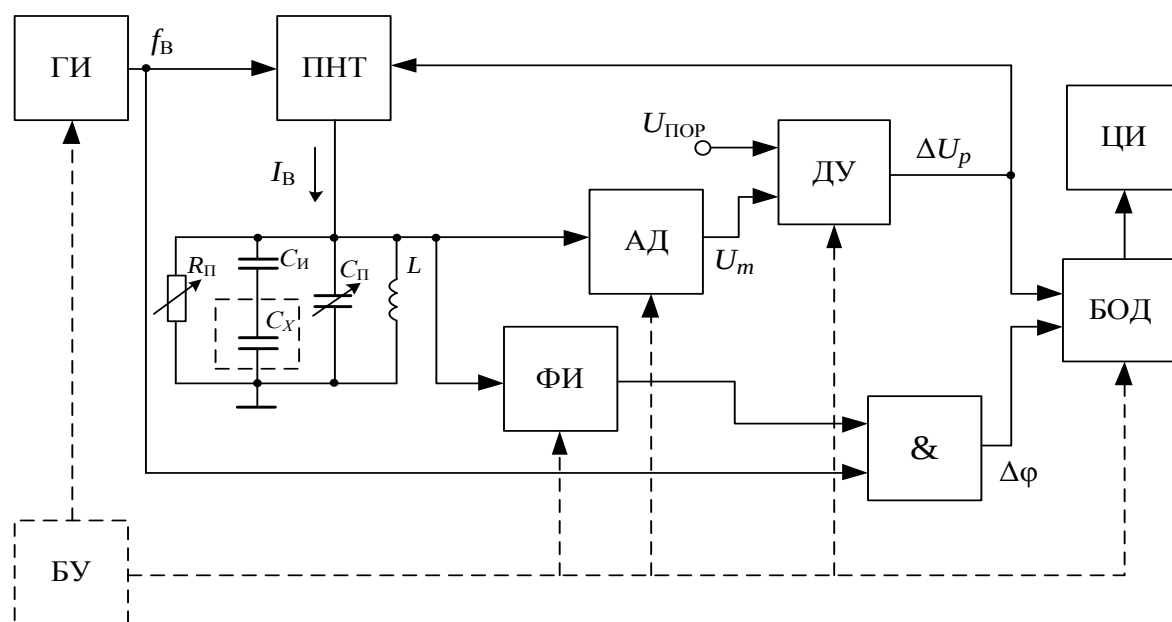


Рис. 1 Структурная схема двухпараметрового влагомера

В процессе работы влагомера от генератора импульсов (ГИ) через преобразователь напряжения в ток (ПНТ) подаются прямоугольные импульсы возбуждающего тока I_B на колебательный LC -контур с емкостным датчиком. При высокой добротности LC -контура на его выходе формируется сигнал $U_{\text{вых}}(t)$ гармонической формы, частота которого задается генератором импульсов. С помощью амплитудного детектора (АД) и дифференциального усилителя (ДУ) выделяется и усиливается сигнал разбаланса ΔU_p между пороговым значением напряжения $U_{\text{пор}}$ и амплитудой выход-

ного преобразователя U_m , входящего в состав LC -контура. Формирователь импульсов (ФИ) преобразует выходной гармонический сигнал датчика $U_{\text{вых}}(t)$ в последовательность импульсов, которые сравниваются по фазе логическим элементом 2И с импульсами ГИ. При этом на выходе элемента 2И формируется последовательность импульсов, длительность каждого из которых зависит от разности фаз между выходными сигналами генератора ГИ и датчика. Блок обработки данных (БОД), используя полученные значения (ΔU_p и $\Delta \phi$), по заданному алгоритму рассчитывает влажность контролируемого материала. Результаты контроля выводятся на цифровой индикатор (ЦИ).

При использовании влагомера в автономном режиме возникает задача снижения его энергопотребления. Влажность является медленно изменяющимся во времени параметром, поэтому его измерение достаточно осуществлять с некоторой периодичностью. Учитывая данный факт, в работе предлагается применять управляемый (импульсный) режим работы устройства резонансного контроля.

Для его реализации предлагается в структурную схему (рис. 1) включить блок управления (БУ), представляющий собой генератор импульсов большой скважности, реализованный на триггере Шмидта (рис. 2).

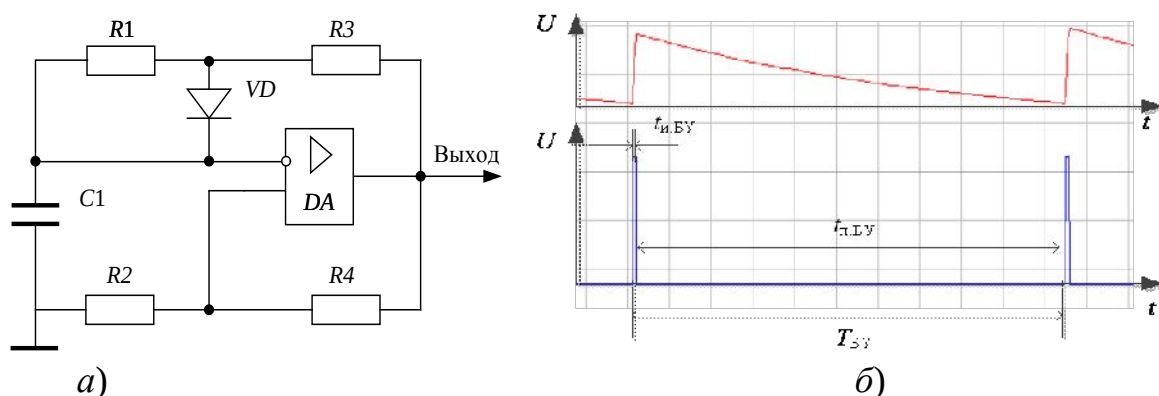


Рис. 2 Принципиальная электрическая схема блока управления (а) и временные диаграммы его работы (б)

Параметры схемы (рис. 2,а) определим, исходя из следующих соображений.

1. Согласно [2], пороговая частота мельканий ЦИ (максимальная частота мелькания знака, при которой еще возможна непосредственная визуальная оценка числа мельканий) составляет 4-6 Гц, следовательно, периодичность измерения влажности, определяемая БУ, $T_{\text{БУ}} = 1/f_{\text{БУ}} = 1/6$ с.

2. Длительность управляющих импульсов $t_{\text{и.БУ}}$ должна превышать время установления колебаний в контуре $t_{\text{уст}}$ на величину $t_{\text{изм}}$, обеспечивающую заданную погрешность измерения:

$$t_{\text{и.БУ}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{изм}},$$

где $t_{уст} = \frac{6Q}{2\pi f_p}$; $t_{изм} = \frac{100\%}{\delta_d \cdot f_p}$; f_p – частота резонанса контура; Q – его добротность; δ_d – заданная погрешность дискретности [3].

Учитывая, что $Q \approx 10 - 100$, построим зависимости $t_{уст}$ от добротности колебательного контура и $t_{изм}$ от заданной погрешности δ_d на некоторых частотах работы влагомера (рис. 3).

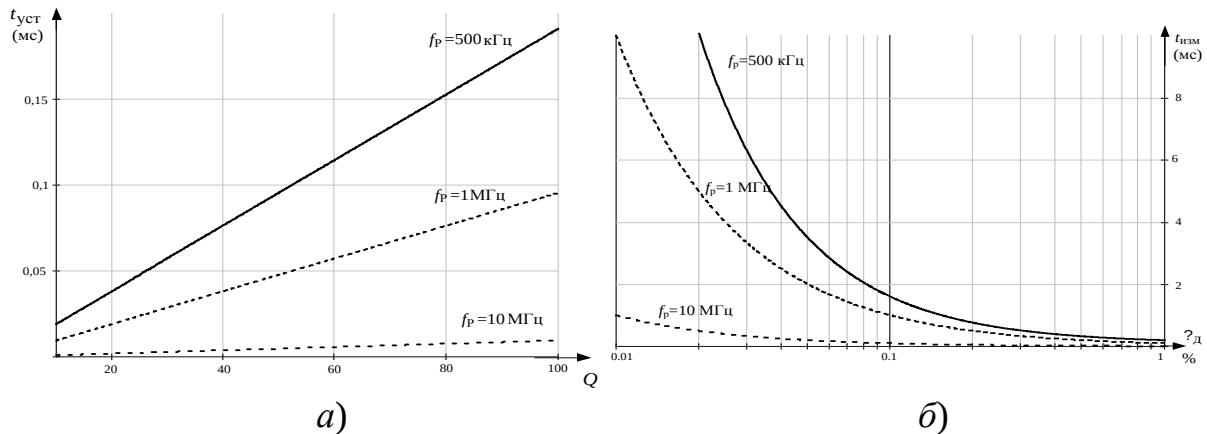


Рис. 3 Зависимость времени установления колебаний от резонансной частоты и добротности (а) и длительности измерения от заданной погрешности и добротности (б)

Из представленных зависимостей видно, что при $Q = 100$, $\delta_d = 0,1$ и $f_p = 1$ МГц длительность управляющего импульса $t_{и.БУ} = t_{уст} + t_{изм} = 0,1 + 1 = 1,1$ (мс). Тогда скважность управляющих импульсов $q_{БУ}$ будет достаточно велика $q_{БУ} = T_{БУ}/t_{и.БУ} \approx 151$.

В БУ (рис. 2) при положительном напряжении ОУ $U_{вых} > 0$ открывается диод VD , и конденсатор C_1 заряжается через резистор R_3 . При этом формируется управляющий импульс длительностью:

$$t_{и.БУ} = R_3 C_1 \ln(1 + R_4 / 2R_2).$$

При отрицательном $U_{вых} < 0$ диод VD закрывается и конденсатор C_1 разряжается. Время разряда конденсатора $t_{п.БУ}$ (отсутствие управляющего импульса) определяется выражением

$$t_{п.БУ} = C_1(R_1 + R_3) \ln(1 + R_4 / 2R_2).$$

Принимая во внимание то, что $R_2 \approx 2R_4$, при $t_{и.БУ} = 1,1$ мс, $t_{п.БУ} = T_{БУ} - t_{и.БУ} \approx 165$ мс значения пассивных элементов схемы (рис. 2) могут быть определены графическим способом (рис. 4).

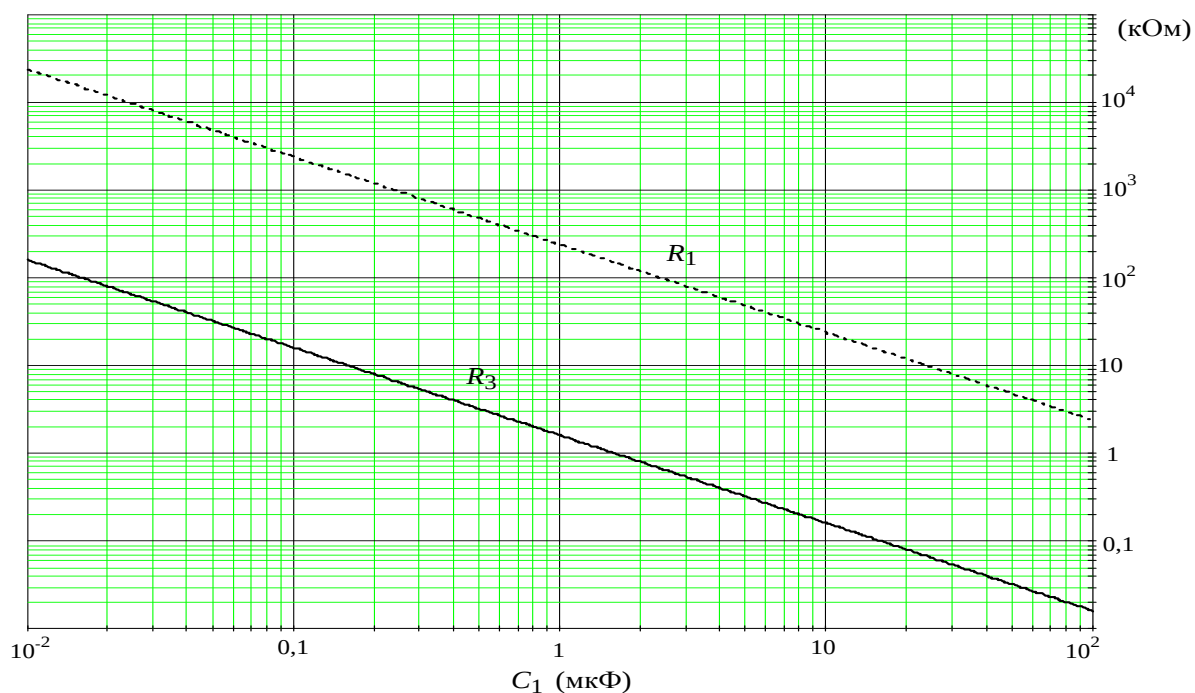


Рис. 4 Выбор значений пассивных элементов схемы блока управления

Таким образом, использование управляемого режима работы влагомера (рис. 1) позволит отключать электропитание ГИ, ФИ, АД, ДУ и БОД на время $t_{п.бу}$, что позволит снизить приблизительно в $q_{бу} \approx 151$ раз энергопотребление рассматриваемого устройства резонансного контроля.

Библиографический список

1. Лисичкин В.Г. Резонансные измерения параметров окружающей среды : монография / В. Г. Лисичкин. – Орёл: Академия ФСО России, 2011. – с. 286
2. ГОСТ 21829-76. Система «человек-машина». Кодирование зрительной информации. Общие эргономические требования. – М.: Государственный комитет стандартов и совета министров СССР, 1976. – с. 7
3. Белецкий А. Ф. Теория линейных электрических цепей : учебник для ВУЗ / А. Ф. Белецкий. – М.: Радио и связь, 1986. – с. 543.

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИОННОСТИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ РЕЖИМА И ШУМОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНЗИСТОРНОГО АВТОГЕНЕРАТОРА

*Кононов А.В., к.т.н. Институт криптографии, связи и информатики
Академии ФСБ России, г. Москва, Россия*

Большинству радиоинженеров-исследователей и практиков приходится всё чаще сталкиваться с вопросами динамики автоколебательных систем, основными представителями которых являются автогенераторы (АГ) электромагнитных колебаний. В современных радиотехнических системах и комплексах АГ, используя в качестве опорных генераторов, возбудителей и гетеродинов, частотных модуляторов в различных устройствах автоматики и контрольно-измерительной аппаратуре, обеспечивают высокий уровень таких жизненно важных параметров систем, как надёжность, точность и дальность обнаружения, помехозащищённость и т.д. Очевидно, что улучшение характеристик самих АГ даёт возможность улучшения характеристик использующих их систем [1].

Одной из важнейших задач при проектировании АГ (как нелинейной динамической системы) является обеспечение локальной и глобальной устойчивости стационарного режима [2]. В локальном плане срыв устойчивости стационарных колебаний возможен за счет многих причин, одной из которых является чрезмерная инерционность цепи автоматического смещения. На сегодняшний день подробно изучены факторы, приводящие к этому типу неустойчивости, сопровождаемой *самомодуляцией* вплоть до *прерывистой генерации*. Известно также, что приближение к границе устойчивости модифицирует амплитудный и фазовый шум генератора. Развитию теории флуктуационных явлений применительно к воздействию шумов на спектр колебания АГ посвящены многочисленные работы учёных разных школ [3]. Анализ режимов генератора без учёта его шумовых характеристик, которые являются определяющими для многих применений, например, радиолокационных и радионавигационных, был бы существенно неполным.

Вместе с тем к настоящему времени имеется ряд малоизученных физических механизмов, способных нарушать локально устойчивую работу АГ, а также серьезно менять шумовые характеристики задающего каскада. Представленное исследование посвящено одному из таких механизмов, а именно внутренней *тепловой обратной связи* (ТОС), возникающей как следствие инерционности тепловых процессов в активном приборе (АП) [4].

Характерно, что ТОС является неотъемлемым свойством любого полупроводникового прибора, поскольку её возникновение обусловлено

сильной температурной зависимостью электрофизических параметров используемого полупроводника. Данное обстоятельство приводит к зависимости радиотехнических параметров АП от рабочей температуры. Поскольку температура активной области полупроводника зависит от выделения тепла протекающим током, любое изменение режима порождает отклонение температуры, которая, в свою очередь, изменяет параметры АП, вызывая вторичное изменение режима и т.д.

На сегодняшний день систематизированные исследования применительно к влиянию ТОС на локальную устойчивость режима и шумовые характеристики задающих генераторов практически отсутствуют в литературе, а сама ТОС исследуется преимущественно в связи с тепловыми процессами в мощных транзисторных усилителях. Известно, например, что мощные усилители, использующие многоэмиттерные транзисторы, часто демонстрируют неравномерный прогрев кристалла, что может привести к проколам базы и пробоям.

Представленное научное направление посвящено изучению влияния ТОС на устойчивость стационарного режима АГ и шумовые характеристики устройства [5]. Основное внимание уделено генераторам на биполярных транзисторах и полевых МДП-транзисторах.

Стационарный режим АГ колебаний достигается, как известно, после выполнения ряда условий, основными из которых являются: баланс мощностей по первой (основной) гармонике, баланс напряжений в цепях смещения, тепловой баланс, а также баланс мощностей по высшим гармоникам частоты автоколебаний. Полагая, что добротность контура достаточно высока, в рамках исследования АГ квазигармонических колебаний балансы энергии по высшим гармоникам не учитываются, а исследование проводится на основе метода *символических укороченных уравнений С.И. Евтянова* в одночастотном приближении [6].

Вводится тепловая эквивалентная схема транзистора, согласно которой прирост температуры, определяющийся избыточной тепловой энергией, накопленной в АП, связан с уровнем теплового воздействия посредством комплексного *теплового сопротивления*, характеризующего инерционность тепловых процессов в транзисторе. Поэтому любое изменение мощности тепловых потерь, действуя через тепловое сопротивление, вызывает *запаздывающее* изменение температуры активной области, которая, в свою очередь, воздействует на характеристики АП. Проводится электротепловое моделирование применительно к транзисторам обсуждаемых классов.

Рассчитывается стационарный режим генератора, определяются границы его устойчивости. Анализ устойчивости основан на рассмотрении характеристического уравнения, вытекающего из системы уравнений первого приближения, описывающих поведение возмущений вокруг состояния равновесия. Соответствующее исследование обнаруживает условия, при которых воздействие ТОС может существенно влиять на устойчивость режима АГ. Выявлен принципиально новый тип неустойчивости, полностью обу-

словленный инерционностью тепловых процессов в транзисторе. Проводится экспериментальная проверка теоретических выводов.

Рис. 1 демонстрирует ситуацию, когда условия устойчивости стационарного режима нарушены. При этом амплитуда автоколебаний, напряжения смещения и температура кристалла транзистора подвержены самомодуляции. В результате в четырёхмерном пространстве формируется замкнутая кривая, проекция которой на фазовую плоскость амплитуды автоколебаний и напряжения смещения на управляющем электроде транзистора представляет предельный цикл вокруг точки стационарного режима.

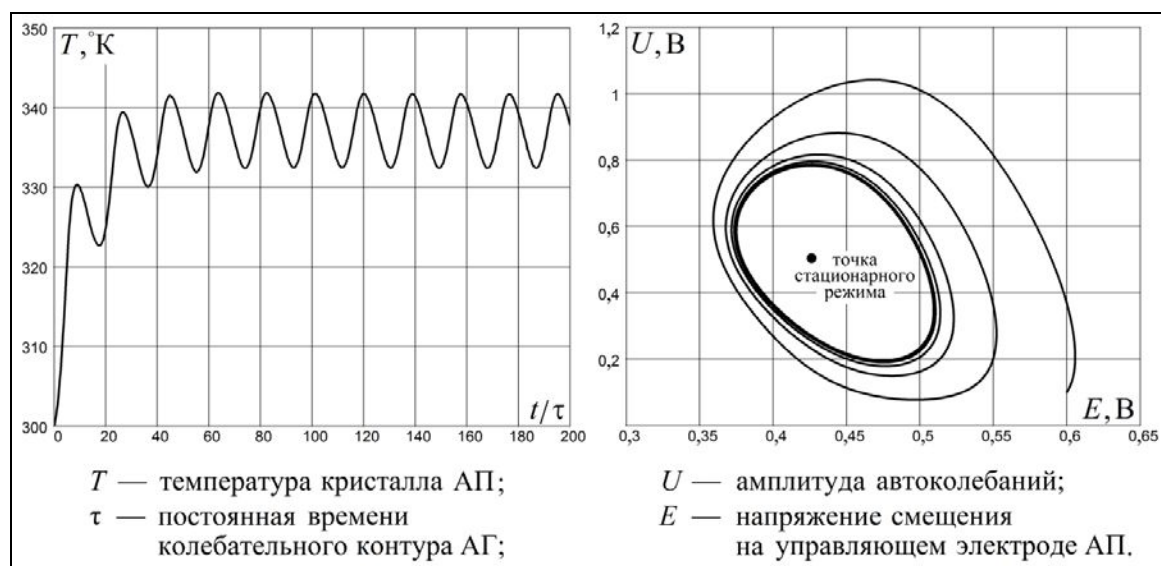


Рис. 1 Процесс установления температуры и фазовая траектория в режиме самомодуляции, спровоцированной воздействием ТОС

Обнаружено, что АГ на полевых транзисторах в среднем менее чувствительны к вариации тепловых характеристик АП. Для таких генераторов, функционирующих в недонапряжённом режиме, существуют условия, при которых воздействие ТОС приводит к противоположному эффекту, а именно расширению области устойчивости стационарного режима, за счёт эффекта компенсации влияния температуры на режим транзистора.

Приближение к границе устойчивости стационарного режима АГ, вызванное чрезмерной инерционностью цепи автосмещения, а также спровоцированное воздействием инерционной ТОС, в значительной степени модифицирует шумовые характеристики устройства. Обнаружены условия, при которых температурная динамика приводит к резкой деградации амплитудных и фазовых шумов. Так, на рис. 2 проиллюстрировано влияние тепловой инерционности на односторонние спектральные плотности мощности (СПМ) амплитудного и фазового шумов АГ. Таким образом, инерционная ТОС действует аналогично фильтру, дополнительно окрашивая спектр шума. В связи с этим при разработке и эксплуатации малошумящих устройств учёт влияния тепловой инерционности АП на шумовые свойства АГ имеет принципиальную необходимость.

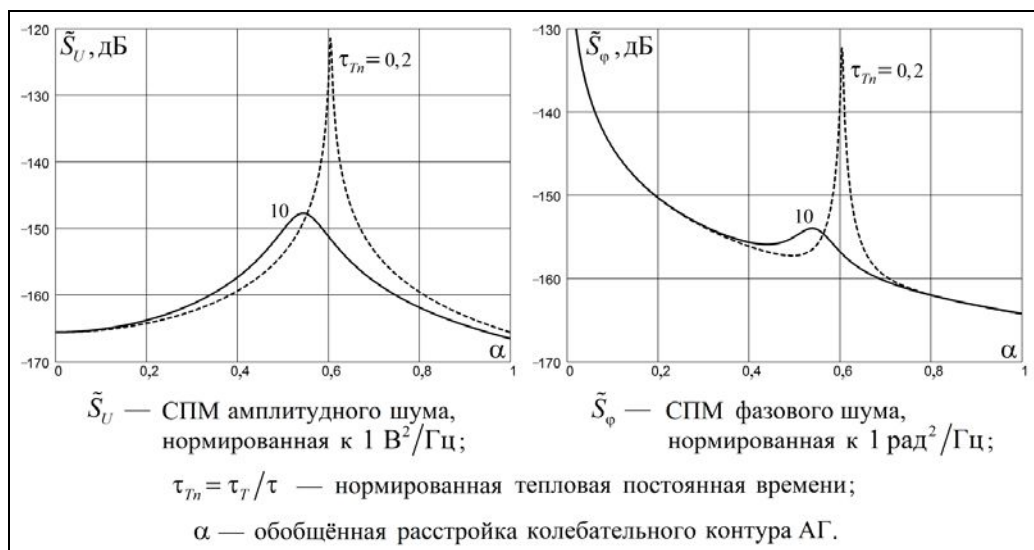


Рис. 2 Влияние тепловой инерционности транзистора на спектральные плотности мощности амплитудного и фазового шумов

Полученные результаты значительно дополняют существующие на сегодняшний день знания о механизмах нарушения устойчивой работы обсуждаемого класса устройств, а также дают более глубокое понимание работы практических АГ, где увеличение амплитудных флуктуаций, как правило, сопровождается ростом фазового шума.

Таким образом, на основе представленного исследования может быть уточнена методика проектирования прецизионных генераторов с низким уровнем шумов выходного сигнала.

Библиографический список

1. Андронов А.А. Теория колебаний: Учебное пособие для вузов / А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. – М.: Наука, 1981. – с. 918
2. Кулешов В.Н. Динамика нелинейных резонансных узлов устройств формирования сигналов: Учебное пособие / В.Н. Кулешов, А.А. Перфильев. – М.: Издательство МЭИ, 2007. – с. 128
3. Жалуд В. Шумы в полупроводниковых устройствах / Жалуд В., Кулешов В.Н. – М.: Советское Радио, 1977. – с. 416
4. Tsarapkin D.P, Kononov A.V. Thermal Feedback in Transistor Oscillators // Proceedings of the 21st EFTF–IEEE Frequency Control Symposium, June 2007, Geneva, Switzerland, pp. 563-568.
5. Кононов А.В., Царапкин Д.П. Тепловая обратная связь в транзисторных автогенераторах // Радиотехника, 2011, №3. – с. 78-84.
6. Евтянов С.И. Переходные процессы в приёмно-усилительных схемах. – М.: Связьиздат, 1948. – с. 213

ТИРИСТОРНАЯ СХЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛА СОТОВОГО ТЕЛЕФОНА

*Мудрик Д.С., ученик 10А класса МОУ «Гимназия №5»,
г. Юбилейный Московской области, Россия*

Окончание этого учебного года, а также всех прошлых лет, с момента внедрения ЕГЭ сопровождалось громадными скандалами вокруг вопроса использования сотовых телефонов. До сих пор эта проблема не нашла решения, потому что глушение сигнала является противозаконным, как и обыски экзаменуемых перед экзаменом. Однако вполне законной является регистрация сигнала сотового телефона в аудитории, где проводится экзамен или другое испытание (олимпиада, конкурс и т.д.). Сначала были проведены опыты по созданию простейших регистрирующих систем, которые подробно описаны в Интернете [1,2]. Одна система (с антенной-бабочкой) была собрана без изменений, а три другие – с некоторыми авторскими доработками. Суть этих систем сводилась к индикации, в основном к загоранию красного светодиода, при срабатывании сотового телефона в радиусе 1-3 метров. Недостатки схем связаны со слабым сигналом сотового телефона, а также с возможным кратковременным включением, например при нелегальной передаче экзаменуемому SMS-сообщения. При таком сообщении светодиод кратко мигнёт, что никем не будет замечено. Во время разговора по телефону сигнал тоже слабый. Однако было замечено, что включение сотового телефона на передачу сопровождается очень коротким, но мощным импульсом. Этот импульс многие слышали, когда работали в наушниках на компьютере, а рядом срабатывал сотовый телефон. Сразу было предложено регистрировать этот мощный импульс известными схемами, положенными в основу четырёх созданных и тупиковых схем, но при этом короткий мощный сигнал о включении сотового телефона передавать на управляющий вход тиристора.

Тиристор – это основа предлагаемого технического решения в системе регистрации сотовой связи, которая не встречалась ни в какой прочитанной литературе [3-5]. Малый интерес к тиристорным схемам в этой области вызван тем, что тиристор открывается кратковременным импульсом тока на управляющий электрод (продолжительность импульса иногда измеряется наносекундами) малой амплитуды (микроамперы), но после срабатывания тиристор не закрывается даже после прекращения этого короткого слабого импульса. Это означает, что лампочка на выходе тиристора загорится от короткого сигнального импульса, но не погаснет при уменьшении сигнала или даже после выключения сотового телефона. Это и есть основная идея предлагаемого инновационного проекта. Срабатывание телефона зажжёт лампочку, которую ничем не погасить. Закрывать тиристор

можно только снятием питания или шунтированием проводом катода и анода, то есть снятием напряжения между катодом и анодом. Если схему заключить в корпус, то экзаменуемый не будет иметь доступа к его внутренней части. Реально схему можно разместить на копеечной монете, потому что самый большой элемент – это источник питания. Экзаменуемый выполняет задание, а схема жёстко закреплена на экзаменационном листе в виде чипа, защита в лист. После выполнения задания он сдаёт результаты комиссии, если на схеме горит красный светодиод, то результаты экзамена сразу аннулируются.

Система допускает также не микроисполнение, а макроисполнение [6], что тоже важно для практики проведения ЕГЭ и олимпиад. Пусть схема будет сравнительно большой, размером с поллитровую банку. Но в этой схеме вместо светодиода или лампочки будет установлена сирена от охранной сигнализации автомобиля. Система с сиреной устанавливается в центре аудитории, причём экзаменуемым демонстрируется её действие. При срабатывании сирены требуют добровольной сдачи телефона, при отказе в такой сдаче производится обыск с помощью рамки-металлоискателя, но нарушитель категорично будет лишён права участия во второй волне ЕГЭ при обнаружении телефона. Достоинство сирены в том, что её могут слышать общественные наблюдатели, которым запрещается входить в аудиторию во время экзамена.

Проведено экономическое обоснование проекта. Приблизительно 600 тысяч учащихся ежегодно сдают 4 - 5 ЕГЭ. Для регистрации сотового телефона понадобится 3 - 4 млн. листов с чипами. Себестоимость чипа – копейка при массовом производстве, пусть даже 1 рубль. Это означает, что 3 - 4 млн. рублей ежегодно гарантируют исключение скандалов вокруг сотовых телефонов на ЕГЭ.

Демонстрационные установки работают. Схема последнего варианта детектора представлена на рисунке. Основу регистрационной и исполнительной части схемы составляет мощный тиристор КУ202М, выдерживающий рабочий ток до 5 А. Выполнены следующие доработки и изменения по сравнению с ранними описаниями системы [1-6].

Во-первых, в управляющей цепи на базе транзистора изменили включения конденсаторов. Сигнал от включения сотового телефона на передачу воспринимается антенной Ант и через разделительный и одновременно резонансный конденсатор С1 подаётся на детектор из высокочастотных диодов VD1 и VD2 типа КД514А. Транзистор VT1 обратной проводимости, то есть типа п-р-п. Он открывается положительным сигналом на базе. Конденсатор С4 имеет очень маленькую электроёмкость, поэтому пропустит только высокочастотный сигнал. Когда на базе транзистора VT1 появится положительный сигнал, транзистор откроется.

Во-вторых, для усиления сигнала был применён транзистор типа КТ342В с очень большим коэффициентом усиления. По паспорту коэффициент усиления по току в схеме включения с общим эмиттером $h_{21Э}$ у этого

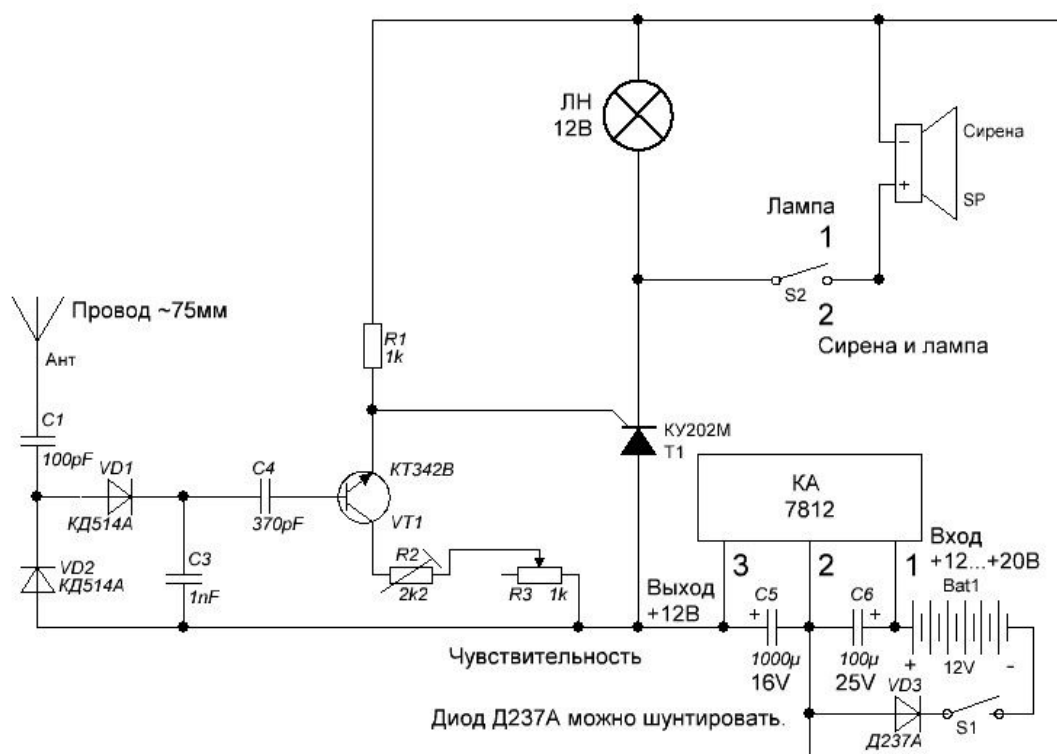
транзистора достигает 2000. Измерили этот коэффициент у применённого транзистора, он оказался равен $h_{21Э} = 872$.

В-третьих, пришлось пересчитать ограничительный резистор $R1 = 1K$, чтобы транзистор VT1 не перегорел от избыточного коллекторного тока. При напряжении питания 12В и при сопротивлении 1К коллекторный ток никогда не превысит 12мА, что вполне допустимо для транзистора типа КТ342В. Реально ток будет меньше из-за настроечных резисторов R2 и R3.

В-четвёртых, в коллекторную цепь включили два переменных резистора в режиме реостатов. Эти резисторы позволяют игнорировать электромагнитный фон, но регистрировать превышение этого фона.

В-пятых, применён мощный тиристор типа КУ202М. Это позволило включить в его силовую цепь и лампочку 12В мощностью 10Вт, и автомобильную сирену. При этом лампочка включена без возможности разрыва электрической цепи, а сирена может быть как подключена, так и отключена выключателем S2. Сирена – это дополнительный звуковой индикатор, а лампочка – постоянный световой индикатор детектора.

Наконец, в питающую цепь схемы включили стабилизирующую напряжение 12В микросхему типа КА7812. Стабилизатор напряжения питания необходим для надёжной работы регуляторов чувствительности R2 и R3. Диод VD3 типа Д237А – это защита от переплюсовки, то есть от неправильного подключения источника питания. Ключ S1 служит для включения детектора, а также для сброса светового и (или) звукового сигнала после срабатывания детектора. Детектор с мощной тиристорной схемой был собран, испытан и применён на контрольной работе в школе и в институте. Доказана работоспособность предложенной электронной схемы обнаружения сигнала сотового телефона.



Библиографический список

1. Сергей Комаров. UA3ALW. Чувствительный индикатор электромагнитного поля // Журнал «РАДИО». 2003 г, № 3. - с. 66.
2. Сергей Комаров. UA3ALW. Чувствительный индикатор электромагнитного поля // <http://www.radiostation.ru/home/exprech3.html> (полная авторская версия статьи). – Дата обращения 12.10.2011 г.
3. Мудрик Д.С. Детектор включения сотового телефона // Вероссийский конкурс научных работ школьников «Юниор» / Финальный этап конкурса 2012 года. – М.: НИЯУ МИФИ, 4-5 февраля 2012 г. – Работа №59. – с. 19.
4. Мудрик Д.С. Детектор включения сотового телефона // Ежегодная научно-техническая конференция Московского государственного строительного университета по итогам научно-исследовательских работ студентов в 2011-2012 учебном году. – М.: МГСУ, март 2012 г. – Предпринт кафедры «Прикладная механика и математика». – с. 15-18.
5. Мудрик Д.С. Детектор включения сотового телефона // Научные труды в 8 томах. XXXVIII Молодёжная научная международная конференция «Гагаринские чтения – 38». – М.: РГТУ-МАТИ им. К.Э.Циолковского. – Том 3. – с. 29-31.
6. Егорова С.С., Мудрик Д.С. Детектор включения сотового телефона // Материалы Международной школы-семинара «Физика в системе высшего и среднего образования России» / Актуальные проблемы преподавания физики в ВУЗах и школах стран постсоветского пространства / Под. ред. Спирина Г.Г. – М.: МАИ, АТР, июль 2012 г. – с. 75-76.

УДК: 537.622

МАГНИТОАКУСТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОТКЛИК МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПЬЕЗО- ТРАНСФОРМАТОРОВ В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ РЕЗОНАНСНЫХ УСИЛИТЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЯ

*Радченко Г.С., к.ф.-м.н., старший преподаватель,
научный сотрудник, Южный Федеральный Университет, Россия*

В настоящее время одной из важных задач современной физики и техники резонансных преобразователей [1-12] является корректное определение рабочих частот. Это важно для описания экспериментальных работ [1 - 9], в которых созданы резонансные приборы для взаимного преобразования электрических и магнитных полей через упругую подсистему. Известно, что в окрестности электромеханического резонанса образца наблю-

дается эффективное усиление механических колебаний [1 - 15], что приводит к повышению эффективности преобразователя. Существующие методы определения резонансных частот делятся на два подхода. Первый основан на решении уравнения акустических колебаний и подстановки пространственной зависимости вектора деформации в уравнения состояния. Далее методом усреднения определяется нужный отклик прибора на внешнее воздействие. На данном методе основаны такие работы, как [10, 11]. Однако более наглядным является метод представления прибора в виде эквивалентной механоэлектромагнитной схемы [5, 6, 12]. В данных работах продольные механические колебания представляются в виде токов, а действующие торцевые силы эквивалентны напряжениям. Последующий расчет, например, выходного напряжения не представляет трудностей и осуществляется методом контурных токов. Связь, например, между электрической и механической системами основана на введении в рассмотрение коэффициента преобразования «напряжение-механическая сила», который прямо пропорционален пьезоэлектрическим свойствам кристалла [5, 6, 12]. Аналогично для преобразования «ток-механическая сила» используются магнитострикционные свойства. Метод позволяет наглядно описать механическую систему с привлечением эффективных параметров.

Рассмотрим устройство на рис. 1. Экспериментально данный прибор описан в [8], а теоретически в [15] на основе метода эквивалентных магнитоэлектромеханических схем. Здесь мы делаем анализ концентрационных зависимостей МЭ свойств прибора, которые до сих пор подробно не исследовались.

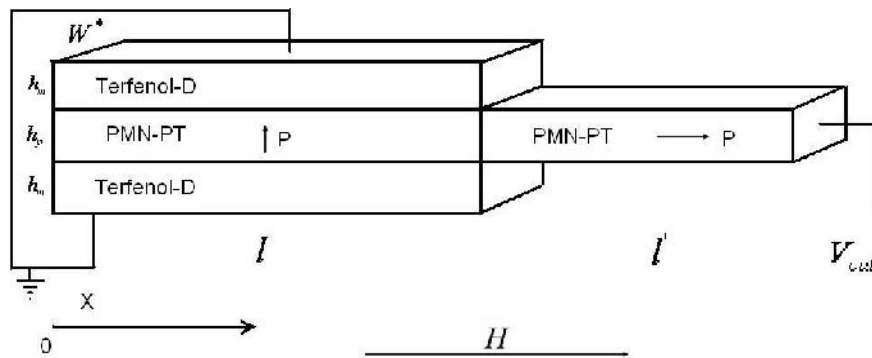


Рис. 1 Наглядная схема МЭ пьезотрансформатора из [9] с обозначениями, используемая здесь для расчетов

Итоговая формула для магнитоэлектрического напряжения на выходе МЭ трансформатора, возникающего под действием переменного магнитного поля H^* , дана ниже.

$$V_{out} = - \frac{\left(4H^{*2} l^2 q^* \rho \sqrt{\frac{\rho^*}{s^*}} (g + \beta \cdot s)^2 \cdot \frac{\sin^3[\alpha]}{\cos[\alpha]} \right)}{g \cdot (g^2 l + \beta \cdot l \cdot s - g \cdot h \cdot W) \cdot \left(3\rho^* \cdot \sqrt{\rho^* \cdot s^*} \cdot \cos[2\alpha] \cdot \sin[2 \cdot \alpha^*] + \rho \cdot \sqrt{\rho^* \cdot s^*} \cdot \cos[2 \cdot \alpha^*] \cdot \sin[2\alpha] \right)} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} l \sqrt{\rho^* \cdot s^*} \cdot \omega$$

$$\alpha^* = \frac{1}{2} l \sqrt{\rho^* \cdot s^*} \cdot \omega$$

Здесь l – длина входной (а также выходной) секции МЭ пьезотрансформатора, q^* – эффективный пьезомагнитный коэффициент входной секции прибора, ρ^* и ρ – плотности входной и выходной секций соответственно, s^* и s – упругие податливости входной и выходной секций соответственно, W – ширина прибора, g – пьезоэлектрический коэффициент выходной секции (кристалл PMN-PT), β – диэлектрическая непроницаемость выходной секции (кристалл PMN-PT), h – высота выходной секции (высота входной секции равна $3h$ [9]), ω – круговая частота приложенного магнитного поля. Все параметры берутся из работ [8, 14]. Эффективные свойства входной секции определяются согласно работе [15]

На рисунке 2 изображена зависимость магнитоэлектрической восприимчивости по напряжению от концентрации пьезофазы (кристалла PMN-PT) в первичной секции.

Как показывает анализ формулы (1) и рис. 2, все резонансы, изображенные на нем, обусловлены изменением механических свойств входной секции с содержанием пьезофазы. Собственные резонансы выходной секции, обусловленные равенством $\cos[\alpha]=0$, на рисунке не содержатся, так как являются дискретными [15]. Ни один из них не происходит на частоте 400 кГц. Резонансы рис. 2 происходят при концентрациях, которые соответствуют уравнению (2), что является следствием обращения в ноль знаменателя (1).

$$3\rho^* \cdot \sqrt{\rho \cdot s} \cdot \cos[2\alpha] \cdot \sin[2 \cdot \alpha^*] + \rho \cdot \sqrt{\rho^* \cdot s^*} \cdot \cos[2 \cdot \alpha^*] \cdot \sin[2\alpha] = 0, \quad (2)$$

Это связано с тем, что в данном уравнении содержатся параметры, зависящие от концентраций фаз в первичной секции.

$$\alpha_{MIV}^* (V / Oe)$$

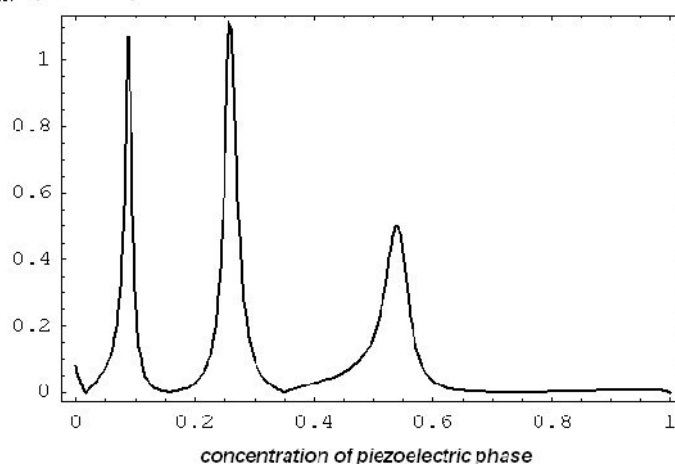


Рис. 2 Концентрационная зависимость МЭ коэффициента от концентрации пьезофазы в первичной секции МЭ трансформатора при частоте приложенного магнитного поля 400 кГц. Параметры Terfenol-D берутся из работы [8], параметры PMN-PT из [8, 14]

Сделаем некоторые выводы. Видно, что частотами резонансов можно управлять, меняя свойства первичной секции прибора. Это выполняется при следующих условиях:

1. Первичная композитная секция имеет идеальную электромеханическую связь между слоями, что позволяет усреднять ее свойства.
2. Длины волн внешних воздействий намного больше, чем собственные поперечные размеры секции. Это позволяет усреднять эффективные свойства прибора.
3. Справедлива линейная модель, предполагающая малые величины действующего магнитного поля.

Известное изменение магнитострикционных свойств Terfenol-D с величиной подмагничивающего поля и свойств кристалла PMN-PT с электрическим полем позволяют управлять свойствами прибора. В частности, амплитуда выходного напряжения может строиться по диаграмме намагничивания Terfenol-D.

Автор благодарен проф. Сахненко В.П. за постоянный интерес к работе.

Библиографический список

1. Крыканов И.М., Коплик А.Б., Фетисов Ю.К., Чашин Д.В. // Письма в ЖТФ, 2010, т. 36, №18. - с. 19.
2. Фетисов Л.Ю., Фетисов Ю.К., Каменцев К.Е. // Физика твердого тела, 2009, т. 51, №11. - с. 2175.
3. Бурдин Д.А., Фетисов Ю.К., Чашин Д.В., Экономов Н.А. // Письма в ЖТФ, 2012, т. 38, №14. - с. 41.
4. Перов Н.С., Фетисов Л.Ю., Фетисов Ю.К. // Письма в ЖТФ, 2011, т. 37, №6. - с. 1.
5. Chih-yi Lin, Design and analysis of Piezoelectric Transformer Converters, Dissertation for Ph.D. in Electrical Engineering, July 15 1997. Blackburg, Virginia. - P. 1-171.
6. Sh. Dong, J.-F. Li, D. Viehland // J. of Materials Science, 2006. V. 41. - P. 97.
7. L. Lv, J.-P. Zhou, Y.-Y. Guo et al. // J. Phys. D: Appl. Phys., 2011. V. 44. P. 055002.
8. Y. Wang, M.L. Chung, F. Wang et al. // J. Phys. D: Appl. Phys., 2009. V. 42. - P. 135414.
9. Y. Wang, F. Wang, S. W. Or et al. // Applied Physics Letters, 2008. V. 93. - P. 113503.
10. Филиппов Д.А., Галкина Т.А., Srinivasan G. // Письма ЖТФ, 2010, т.36, №21. - с. 23.
11. Филиппов Д.А., Галкина Т.А., Лалетин В.М., G. Srinivasan // Письма ЖТФ, 2012, т.38, №2. - с. 82.
12. S. Lin and C. Xu // Smart Mater. Struct., 2008. V. 17. - P. 065008.
13. Радченко Г.С. // Письма в ЖТФ, 2008, т. 34, №22. - с. 14.
14. D. Zhou, F. Wang, L. Luo et al. // J. Phys. D: Appl. Phys., 2008. V. 41. P. 185402.
15. Радченко Г.С., Радченко М.Г. // Письма в ЖТФ, 2012, т. 38, №15. - с. 18.

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ СЛИЯНИЯ МЕРЦАНИЙ

*Боровская Ж.В., ученица 11А класса, МОУ «Гимназия №5»,
г. Юбилейный Московской области, Россия*

Сущность метода диагностики по критической частоте световых мерцаний (КЧСМ) заключается в применении специального прибора-стробоскопа с регулируемой частотой [1]. Нервная система человека вполне определённо реагирует на световые мерцания различных частот. Обычно мерцания с частотами более 30 – 50 Гц перестают восприниматься стробоскопически, человек видит непрерывное свечение источника света. У каждого человека критическая частота мерцаний, при которой источник света кажется постоянным, индивидуальная, находится в основном в пределах

30 – 50 Гц. Эта частота очень устойчивая, если в организме человека всё в порядке. Однако при физиологическом нарушении происходит скачок КЧСМ в сторону увеличения или уменьшения. Именно на этом явлении основана диагностика правильности медицинских процедур. Медицинское вмешательство приводит к скачку КЧСМ. При правильном лечении этот скачок очень быстро, менее чем за сутки, пропадает. Если же лечение проводится ошибочными процедурами, то показатель КЧСМ «прыгает», не может установиться. Неустойчивость показателя КЧСМ может рассматриваться как неправильное лечение.

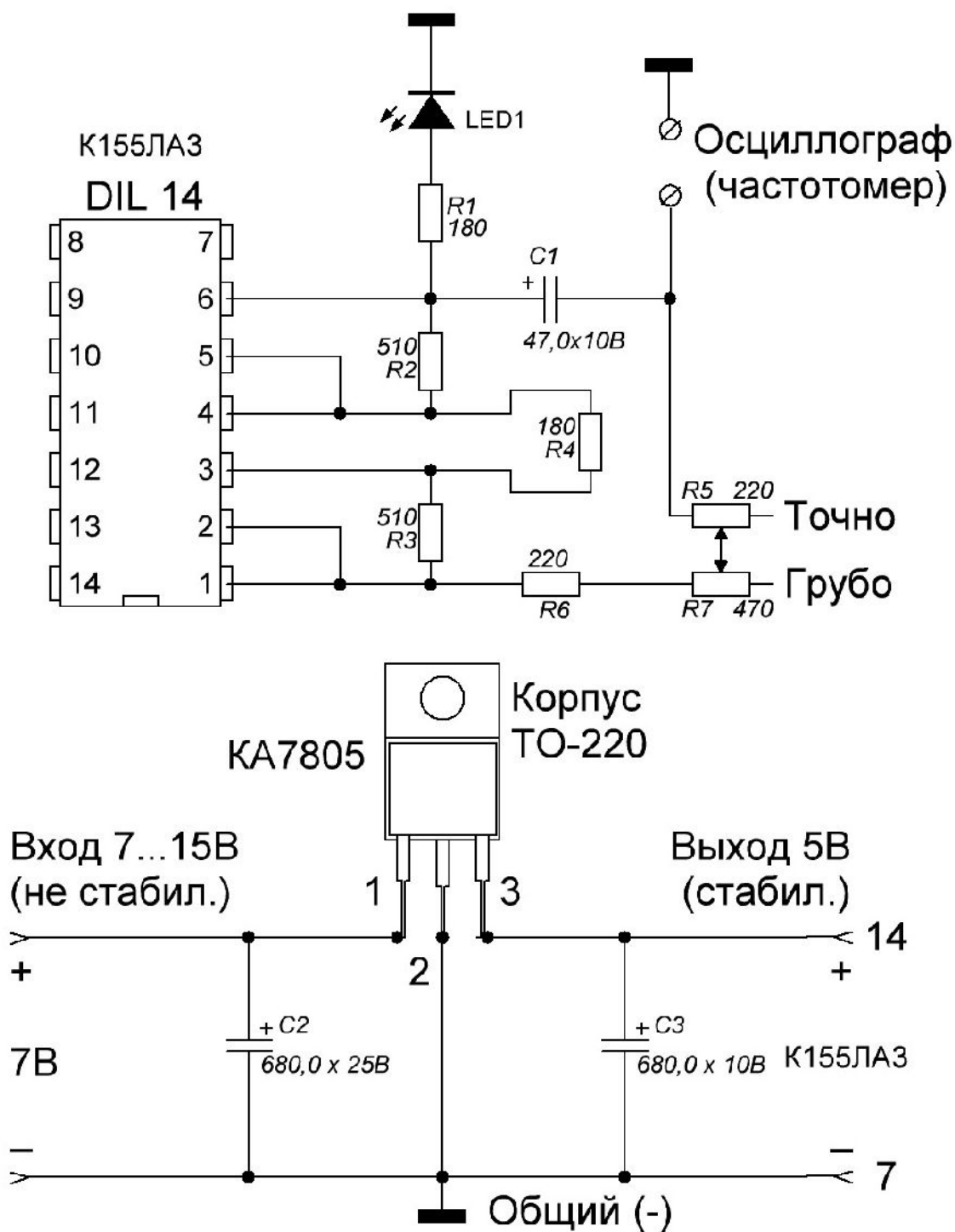
Прибор для измерения КЧСМ сложный и дорогой. Наверное, принцип его действия основан на работе запрограммированного микроконтроллера.

Появилась идея упростить этот прибор [2, 3], сделать его более доступным. Один из вариантов создан и продемонстрирован в клинике.

Целью работы было доказательство возможности создания простого, надёжного и дешёвого прибора и даже программно-аппаратного комплекса, позволяющего максимально автоматизировать работу врача. Основное требование – получение меандра, то есть прямоугольных импульсов со скважностью 2. Для получения меандра была собрана известная электронная схема.

В её основу положена микросхема К155ЛА3. Собранное устройство представляет мультивибратор, который генерирует прямоугольные импульсы со скважностью 2. Прямоугольные импульсы со скважностью 2 в радиотехнике называются меандром.

Светодиод анодом подключён к выводу 6 микросхемы К155ЛА3. Он будет загораться при сигнале высокого уровня на этом выводе и гаснуть при сигнале низкого уровня.

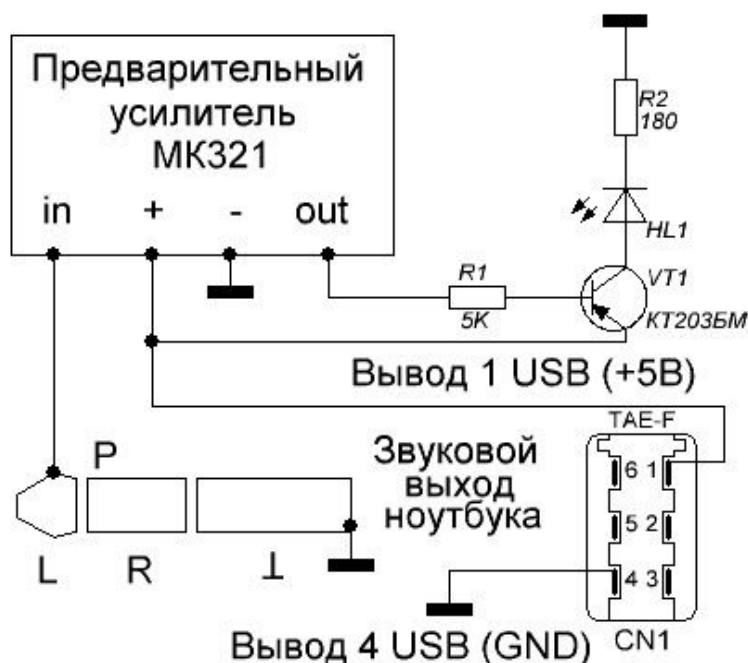


Питание схемы выполняется через интегральный стабилизатор напряжения КА7805, который обеспечивает напряжение на питающих микросхему выводах 7-14 точно 5 В, при этом на вывод 14 подаётся положительное напряжение питания. Электронный USB-осциллограф (приставка В8020) подключается к конденсатору С1 и к общему выводу 7 микросхемы К155ЛА3. Он позволяет запоминать, записывать, анализировать низкочастотный сигнал меандра. Для автоматизации вычисления ошибки измерений КЧСМ была написана простейшая программа на языке программирования Паскаль-5.0. Программный модуль был транслирован в объектный

модуль в виде файла *.EXE. Врач подключает прибор к компьютеру через приставку USB-осциллограф и запускает осциллографическую программу в одном окне. А в другом окне вводятся данные измерения КЧСМ. Измерения проводятся 10 раз. Однако в последнем техническом задании врачи уменьшили количество измерений КЧСМ до 5 за один сеанс. Программа вычисляет среднее значение КЧСМ, абсолютную ошибку и относительную ошибку. По величине относительной ошибки измерения КЧСМ (не более 2%) врач принимает решение о достоверности измерения.

Дальнейшая разработка прибора для измерения КЧСМ была ориентирована на программное обеспечение. В частности, появилась идея использовать звуковой генератор и соответствующий выход компьютера для регулируемого стробоскопического эффекта с измерением частоты мерцаний. Ниже представлена собранная и испытанная схема.

Программа на ноутбуке генерирует звуковой сигнал в виде меандра. Амплитуды этого сигнала не достаточно для загорания светодиода, поэтому применяется предварительный усилитель в виде моноблока. Усиленный сигнал с амплитудой стандартного линейного выхода 1 - 2 В вполне достаточен для управления транзистором с целью мерцания светодиода с заданной программной частотой. Изменение частоты мерцаний светодиода выполняется программно с помощью нажатия заданных клавиш на ноутбуке. Частоту можно как увеличивать, так и уменьшать. Питание светодиода и предварительного усилителя обеспечивается от разъёма USB.



Достоинством предложенного устройства является его простота и надёжность. Не нужно применять отдельные контроллеры для создания стробоскопического эффекта, потому что компьютер вполне может справиться с этой задачей. Более того, этот же компьютер будет обрабатывать и анализировать полученную информацию. В применяемом сейчас в клинике

приборе компьютер и контроллер никак не связаны друг с другом, поэтому врач вынужден постоянно вводить результаты измерений, обрабатывать их, строить графики и т.д. В предложенном приборе ручной труд минимизирован.

Библиографический список

1. Бизяев П.Д., Бобров И.А. Определение критической частоты слияния мельканий как эффективный способ прогнозирования отдалённых последствий лечебного воздействия // Научно-практический журнал «Рефлексотерапия». - 2009, №1(25). – Общероссийский общественный фонд «Социальное развитие России».
2. Боровская Ж.В. Диагностический прибор на основе измерения критической частоты световых мерцаний // Сборник Тезисов 1-й Всероссийской Интернет-конференции «Грани науки 2012». – Казань, Апрель-июнь 2012 г. – Электронный ресурс. – ISSN 2227-8389 (CD-ROM). – с.352-353.
3. Боровская Ж.В. Упрощённые информационные приборы в логопедии и в медицине // Материалы XXIII Международной конференции «Применение информационных технологий в образовании». – Троицк, Московская область. – 27-28 июня 2012 г. – с. 347-348.

УДК: 621.396.96:551.501.815

МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЙ ОТРАЖАЕМОСТИ МЕТЕООБЪЕКТОВ В ИМПУЛЬСНЫХ ДОПЛЕРОВСКИХ МЕТЕОРАДИОЛОКАТОРАХ

*Пушков А.А., инженер-программист
ОАО «НПО «Лианозовский электромеханический завод»,
аспирант МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

В метеорадиолокации часто возникают ситуации, когда в некоторых элементах разрешения принимается смесь нескольких эхо-сигналов на фоне белого гауссового шума $n(t)$. Эти эхо-сигналы могут представлять собой как отражения от МО, находящихся на однозначной дальности $R_0 \leq c \cdot T_0 / 2$, где T_0 - период повторения импульсов, так и от МО, находящихся на дальностях: $R_k = R_0 + k \cdot c \cdot T_0 / 2$, где $k = 1, 2, 3, \dots$. В дальнейшем эхо-сигналы, приходящие с дальностей R_0 , будем называть «однозначными», а приходящие с неоднозначных дальностей R_k - «запредельными». Выражение для отношения мощностей «однозначного» и k -го «запредельного» сигнала имеет вид:

$$\alpha_{ok} = 10 \cdot \lg(\sigma_k^2 / \sigma_o^2) - 20 \cdot \lg(1 + k \cdot c \cdot T_0 / 2 \cdot R_0), \quad (1)$$

где σ_k^2, σ_o^2 - удельные отражаемости «запредельного» и «однозначного» эхо-сигналов, соответственно.

Формула (1) учитывает специфическую особенность метеорадиолокации – рост ЭПР МО по мере увеличения импульсного объема [1]. Поэтому закон затухания эхо-сигнала здесь имеет вид $1/R^2$, а не $1/R^4$ как в РЛС, работающих по точечной цели. Второе слагаемое в (1) указывает на ослабление «запредельного» сигнала относительно «однозначного», но в силу широкого динамического диапазона отношения σ_k^2 / σ_o^2 это ослабление может оказаться недостаточным для того, чтобы игнорировать влияние отражений на «запредельных» дальностях. Например, при $\sigma_k^2 / \sigma_o^2 = 30 \text{ дБ}$, $T_o = 10^{-3} \text{ с}$ ($R_{o\text{max}} \approx 150 \text{ км}$) и дальности до «однозначного» МО $R_o = 70 \text{ км}$, эхо-сигнал от первой «запредельной» дальности $k=1$ ($R_1 = 220 \text{ км}$) будет ослаблен всего на 12 дБ, что свидетельствует о необходимости компенсации таких сигналов. Особенно актуальна эта задача для режимов работы метеорадиолокатора с высокой частотой повторения, используемых при измерении доплеровских характеристик МО.

В общем случае эта задача не ограничивается простой режекцией эхо-сигналов, приходящих от «запредельных» дальностей. В принятой смеси желательно выделить каждый сигнал и дать оценку его мощности и доплеровским характеристикам, т.е. решить статистическую задачу не только обнаружения, но и различения сигналов.

Формулировка задачи и принятые допущения

Будем полагать, что в принятой смеси возможны эхо-сигналы от k отражателей:

$$y(t) = \sum_{k=0}^{K-1} A_k \cdot \dot{S}_k(t') + n(t), \quad (2)$$

где $t' = t - \frac{2 \cdot R_o}{c}$, текущее время, сдвинутое на задержку, соответствующую однозначной дальности $R_o \leq \frac{c \cdot T_o}{2}$ ($k=0$), $A_k = \{0,1\}$, $\dot{S}_k(t)$ - комплексная огибающая k -го сигнала.

Здесь учтено, что поскольку эхо-сигналы порождены ЗС в различные периоды зондирования, то в общем случае их комплексные огибающие (законы модуляции) могут быть неодинаковыми. В результате анализа смеси $y(t)$ необходимо дать оценку значений $\hat{A}_k$, $k=0,1,2,\dots$, т.е. фактически решить задачу различения сигналов (на первом этапе).

Известно, что для сигналов со случайными параметрами, например, равновероятной начальной фазой: $p(\varphi) = 1/2 \cdot \pi$ и рэлеевским распределением амплитуды $p(b) = 2 \cdot b \cdot \exp(-b^2)$, задача различения сигналов может быть решена с помощью многоканального квадратурного коррелятора, где на порог подается модульное значение корреляционного интеграла $|Z_k|$ [2].

Вместе с тем различие сигналов, отраженных от однозначной и за-
предельных дальностей в метеорадиолокаторе, имеет ряд особенностей.
Они связаны с протяженным характером МО и структурой используемых
ЗС. Отметим основные особенности ЗС, которые необходимо учесть в ма-
тематической модели смеси эхо-сигналов.

1. В качестве ЗС применяются сложные сигналы с внутриимпульсной
модуляцией. Причем от периода к периоду зондирования комплексная оги-
бающая ЗС может изменяться по заданному закону.

2. Для первичной обработки в метеорадиолокаторе доступна достаточ-
но богатая когерентная пачка ЗС ($M > 20$) с заданным законом изменения
начальных фаз. Такая кодированная пачка может повторяться циклически
через M позиций.

3. Эхо-сигналы от всех K отражателей могут существенно различаться
энергией $\mathcal{E}_k$ и случайным значением доплеровской частоты f_{ok} , равномерно
распределенной на интервале $p(\Delta f_{ok}) = \frac{\lambda}{2 \cdot V_{r \max}}$ где $V_{r \max}$ - максимально воз-
можная средняя радиальная скорость МО.

4. В силу протяженного характера МО по дальности и азимуту пачеч-
ный сигнал, отраженный от МО на k -ой «запредельной» дальности может
приходить одновременно с сигналом от «однозначной» дальности с вре-
менным сдвигом на $k \cdot T_o$, т.е. сдвигаться на k элементов кода.

Учитывая изложенное, математическая модель принятой смеси сигна-
лов от M -элементной пачки в интервале наблюдения $(M + K) \cdot T_o$ может быть
записана в виде:

$$y(t) = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M+K} \hat{A}_k \cdot \dot{S}_m(t' - (m+k) \cdot T_o) \cdot e^{j \cdot \varphi_{m-k}} \cdot e^{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot (f_{ok} + f_o) \cdot t + \varphi_o}, \quad (3)$$

Требования к первичной обработке

В формуле (3) учтено, что в любой период зондирования ЗС может
иметь свой закон внутриимпульсной модуляции $\dot{S}_m(t)$ и собственную
начальную фазу φ_m . При этих условиях обработка может быть разделена на
два этапа.

Первый этап. На этом этапе реализуется согласованная внутриимпуль-
сная обработка для M возможных законов модуляции ЗС. Представим, что
сложный сигнал состоит из Q дискрет с одинаковой комплексной огибаю-
щей каждого дискрета $S_o(t)$. Тогда выходной сигнал m -го коррелятора оди-
ночного импульса (КОИ) имеет вид:

$$\psi_m(\tau) = \sum_{q=0}^{Q-1} \dot{\psi}_{om}(\tau - q \cdot \Delta t) \cdot \dot{\psi}_{mКОИ}(q), \quad (4)$$

где: $\dot{\psi}_{mКОИ}$ - КФ кодированной последовательности, определяющей закон
внутриимпульсной модуляции сигнала в m -ый период зондирования,
 $\dot{\psi}_{om}(\tau)$ - КФ элементарного дискрета сложного сигнала,

Δt - временной интервал дискретизации сигнала.

Второй этап. Этот этап реализует согласованную обработку пачек импульсов с учетом их начальной фазы, определяемой М-мерным вектором начальных фаз $\vec{\varphi}_m$. В связи с тем, что доплеровская частота неизвестна, в каждом канале по дальности используется N-элементный банк согласованных фильтров пачки (СФП), $N = \frac{4 \cdot V_{r \max}}{\lambda \cdot f_N}$, где f_N - частота Найквиста.

В общем виде выходной сигнал m nk-го канала имеет вид:

$$\psi_{mnk}(\tau, F) = \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{l=k}^{M+k} \psi_{kl}(\tau) \cdot \psi_{КПП}(m-k) \cdot e^{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot (\Delta F_{on} - F) \cdot t} \cdot dt, \quad (5)$$

где: $\psi_{КПП}(m-k)$ - КФ кодовой последовательности пачки (вектор начальных фаз),

ΔF_{on} - частота настройки n-го доплеровского канала.

Таким образом, на выходе каждого канала максимум сигнала будет получен при полном согласовании приходящих сигналов как с параметрами внутрипериодной, так и междупериодной обработки. В этих условиях следует потребовать минимальной реакции любого канала на сигналы с рассогласованными относительно ожидаемых параметрами. Для этого следует потребовать, чтобы КФ имела игольчатый (теоретически безлепестковый) вид.

Учитывая требования к форме КФ, был проведен анализ наиболее известных кодовых последовательностей, целесообразных для кодирования начальных фаз импульсов пачки. Анализ показал, что наиболее равномерный уровень боковых лепестков (УБЛ) двумерной КФ имеют М-последовательности [3].

С учетом вышеизложенного, был проведен синтез кодовой последовательности начальных фаз ЗС, по критерию минимизации УБЛ КФ во всем диапазоне доплеровских частот. Синтез осуществлялся градиентным методом, описанным в [4], а в качестве начального приближения была взята известная М-последовательность на 63 импульса. Вид КФ полученной последовательности представлен на рис. 1.

В качестве ЗС в смежных интервалах зондирования предложено использовать ортогональные НЛЧМ сигналы. Этот способ позволяет подавить сигналы от первой «запредельной» зоны примерно в Б раз, где Б – база сигнала. (Для «ДМРЛ-С» при $\tau_u = 60 \text{ мкс}$ экспериментально полученное подавление составило 16 дБ).

Как показали результаты анализа, внедрение подобных методов в «ДМРЛ-С» требует существенной доработки системы первичной обработки на сигнальных микропроцессорах [5]. В связи с этим их практическая реализация планируется в рамках комплексной модернизации «ДМРЛ-С». Поэтому в существующих изделиях были практически апробированы другие, более простые, методы, обеспечивающие исключение отражений в элементах дистанции с наиболее мощными отражениями на «запредельных» дальностях.

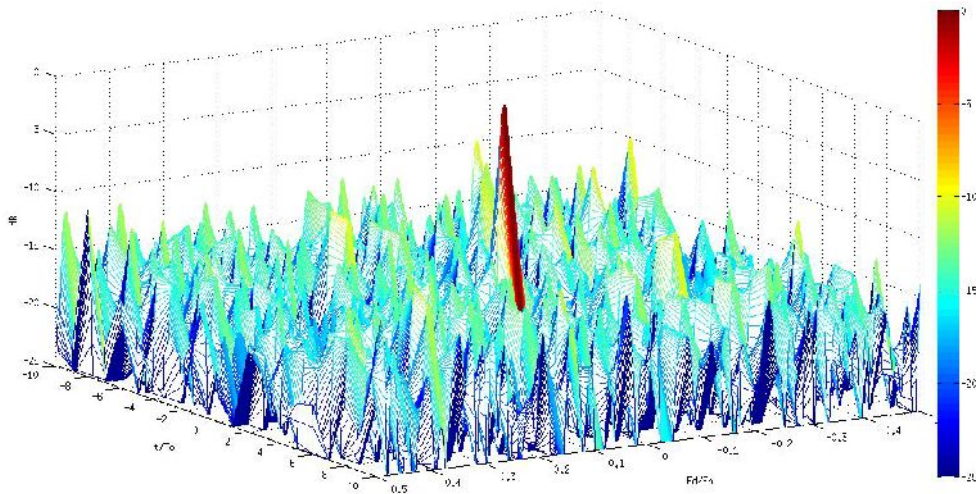


Рис. 1 Корреляционная функция, синтезированной кодовой последовательности. (УБЛ КФ не превышает -15.7 дБ)

Экспериментальные результаты по устранению мощных «запредельных» отражений

Рассмотрим некоторые свойства отражений от МО, находящихся на первом «запредельном» интервале дальностей, при использовании двух периодов повторения T_1 и T_2 . Наблюдаемую дальность, в которой присутствует отражение от МО, находящегося на дальности R_z , можно вычислить по формуле: $R_{zn}(T_i) = R_z - c \cdot T_{i-1} / 2$. Это означает, что наблюдаемая дальность отражения от одного и того же «запредельного» МО в смежных интервалах наблюдения будет разная. Используя это свойство, можно сформулировать два критерия наличия мешающих отражений:

1. В заданном элементе дистанции, средние мощности при интервалах зондирования T_1 и T_2 для сигналов, отраженных от «однозначного» МО, должны быть примерно одинаковыми.

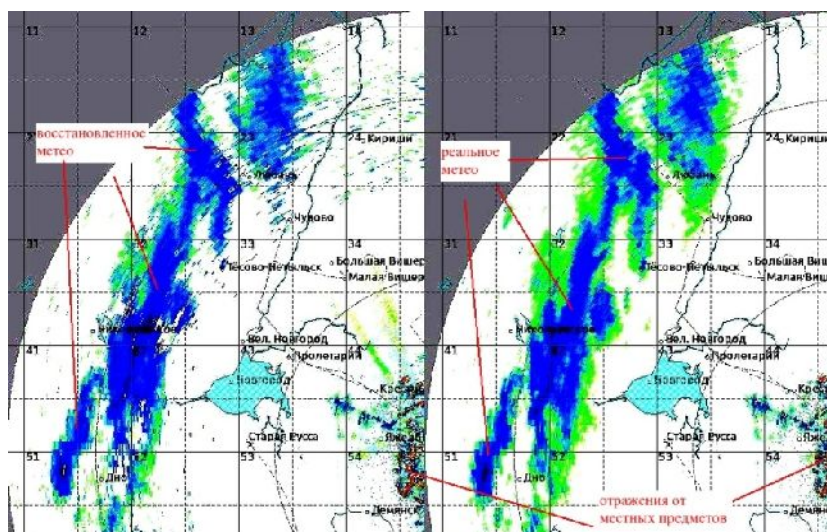
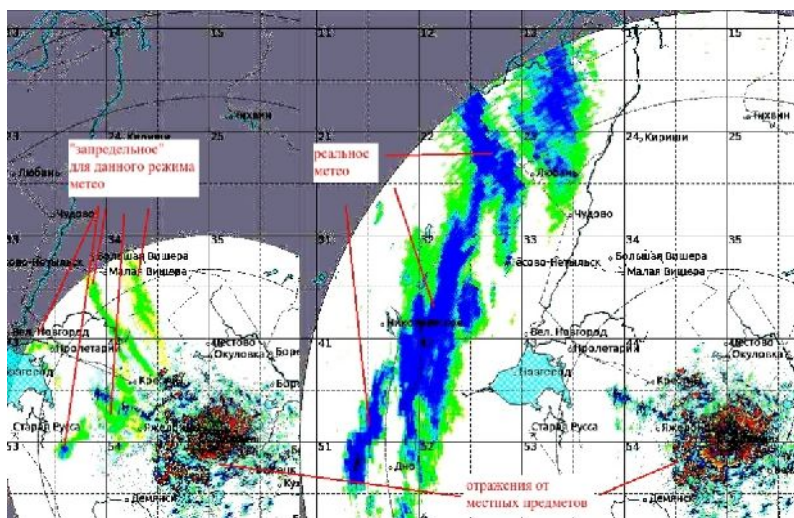
2. Для сигналов, отраженных от «однозначного» МО, $\rho(T_i) > \rho(T_i + T_{i-1})$, в отличие от «запредельного» МО, где $\rho(T_i)$ - первый момент корреляции, $\rho(T_i + T_{i-1})$ - второй момент корреляции.

Два вышеуказанных критерия легли в основу апробированных на «ДМРЛ-С» методов.

По первому критерию мощности сигналов усреднялись по пачке для каждого элемента дистанции, а также для каждого значения интервала зондирования. После чего рассчитывалось их отношение в каждом элементе дистанции, если отношение превышало заданный порог ($\sim 2 \div 3$ дБ), то выдавался признак присутствия отражений от МО, находящихся на «запредельных» дальностях. После этого сигнал от этого элемента дистанции пересчитывался на свою «реальную» дальность.

По второму критерию для каждого интервала зондирования рассчитывался коэффициент корреляции через один ($\rho(T_i)$) и через два ($\rho(T_i + T_{i-1})$) интервала зондирования. После этого они усреднялись как и в первом кри-

Проверка эффективности обоих критериев осуществлялась экспериментально. Данные одного конического сечения записывались с выхода устройства внутриимпульсной обработки в режимах высокой ($F_{повт} \approx 1 \text{ кГц}$, $T_1 = 1 \text{ мс}$, $T_2 = 1.2 \text{ мс}$), и низкой ($F_{повт} \approx 320 \text{ ГГц}$, $T_1 = 3 \text{ мс}$, $T_2 = 3.2 \text{ мс}$) частот повторения импульсов. Запись при высокой частоте повторения импульсов независимо обрабатывалась двумя вышеуказанными критериями. Результаты обработки сравнивались с данными, полученными в режиме низкой частоты повторения импульсов, для которого, естественно, отсутствуют «запредельные» отражения. Результаты сравнения представлены на рис. 2-4.



ча может быть решена за счет выбора законов внутрипериодной и междупериодной модуляции ЗС и соответствующей согласованной обработки.

3. Показано, что за счет использования ортогональных сигналов, отражения от МО, находящихся на «заредельных» дальностях, могут быть ослаблены в Б раз. Дополнительное подавление можно реализовать за счет кодирования начальных фаз импульсов пачки с заданной КФ. Для выбранных М-последовательностей дополнительное подавление «запредельных» отражений теоретически превысило 16 дБ.

4. Рассмотрены более простые методы устранения эффекта «запредельных» дальностей, основанные на предложенных корреляционных и энергетических критериях. Эти методы прошли экспериментальную проверку в «ДМРЛ-С» и обеспечили возможность определения истинной дальности принятого эхо-сигнала. Данные способы доказали свою эффективность в ситуациях, когда отражения от «реальных» и «запредельных» дальностей не перекрываются.

Библиографический список

1. Довиак Р.Дж., Зрнич Д.С. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения – Л.: Гидрометеиздат, 1988.
2. Ширман Я.Д. Справочник. Радиоэлектронные системы. – М.: Радиотехника, 2007.
3. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов. – М.: Советское радио, 1978.
4. Sedletsky R. The theory and practice of application pseudo random signals in Dopplers meteoradars.//Proc. International Radar Symposium IRS-2011. – Leipzig, Germany, 2011. - P. 256 -261.
5. Efremov V., Vylegzhanin I., Vovshin B. The new generation of Russian C-band meteorological radars. Technical features, operation modes and algorithms.//Proc. International Radar Symposium IRS-2011. — Leipzig, Germany, 2011. - P. 239-244.

СЕКЦИЯ №2: СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

УДК: 621.37:621.391

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА МЭЯ В СИСТЕМЕ RFID

*Кислаев А.Г., аспирант
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Хаотические режимы динамических систем широко используются в разнообразных областях [1-3]. Исследование алгоритмов формирования псевдослучайных числовых последовательностей (ПЧП) и их практическое применение, например, в задаче радиочастотной идентификации RFID[2], – актуальная задача.

Рассмотрим алгоритм формирования ПЧП вида [4,5]:

$$x_{n+1} = \lambda x_n \cdot (1 - x_n^2), \quad (1)$$

при параметре λ удовлетворяющему условию $2,9 < \lambda \leq 3$ в этой динамической системе наблюдается режим нерегулярных (хаотических) колебаний.

Если в качестве параметра λ использовать функцию:

$$\lambda(n) = 2.99 + 0.01 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{c} \cdot n\right), \quad (2)$$

можно получить модифицированный алгоритм формирования ПЧП (подставляя (2) в (1)):

$$x_{n+1} = (2.99 + 0.01 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{c} \cdot n\right)) \cdot x_n \cdot (1 - x_n^2), \quad (3)$$

где: n - дискретное время (порядковый номер числа), c - параметр (константа).

Принцип работы системы ограничения доступа заключается в следующем: в RFID-метку контролируемого объекта записывается ПЧП, сформированную по алгоритму (3). Контролирующее устройство (считыватель) по прочитанной информации с RFID-метки принимает решение: разрешить доступ объекта, либо ввести ограничение. Условием принятия решения является обнаружение синусоидальной составляющей, входящей в алгоритм(3).

Моделирование изложенного подхода проводилось в программной среде Matlab [6]. Были написаны две программы. Первая программа формирует ПЧП по алгоритму (3) и представляет собой RFID-метку. Вторая программа реализует модель контролирующего устройства и отображает выходной процесс считывателя. Ниже представлены основные характеристики сформированной ПЧП, а также результаты работы модели.

Пример ПЧП $\{x_n\}$, сформированной по алгоритму (3) при условиях: $X_0 = 0.25$, $c = 10$, приведен на рис.1. Длина последовательности $N = 300$.

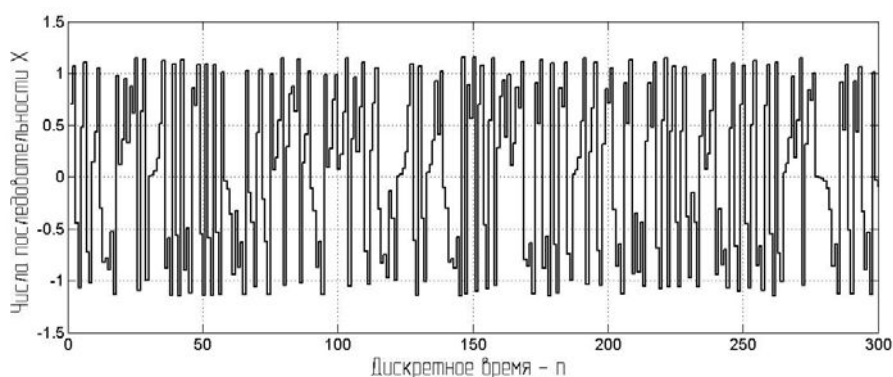


Рис. 1 Временная диаграмма ПЧП, сформированной по алгоритму (3)

Гистограмма указанной ПЧП изображена на рис.2, соответственно. На оси ординат указана частота попаданий чисел последовательности в данный числовой интервал - $W(x)$.

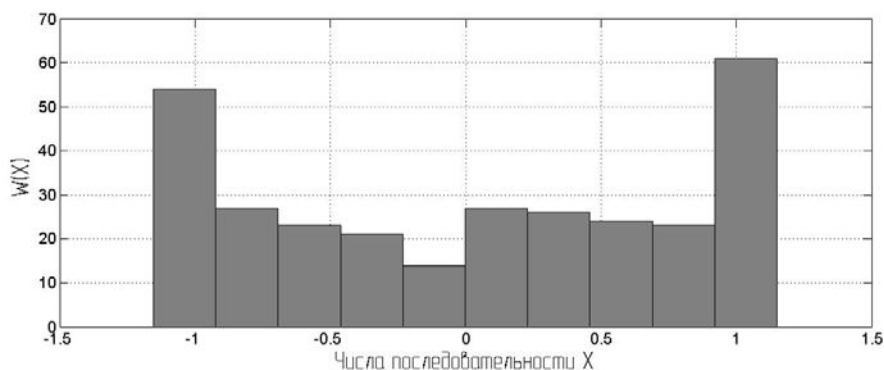


Рис. 2 Гистограмма ПЧП, сформированной по алгоритму (3)

На рис.3 изображена нормированная автокорреляционная функция (АКФ) этой последовательности. Выбирая значения управляющего параметра, можно достичь низкого относительного уровня боковых лепестков нормированной АКФ. Как видно из рисунка относительный уровень боковых лепестков нормированной АКФ не превосходит 20 %.

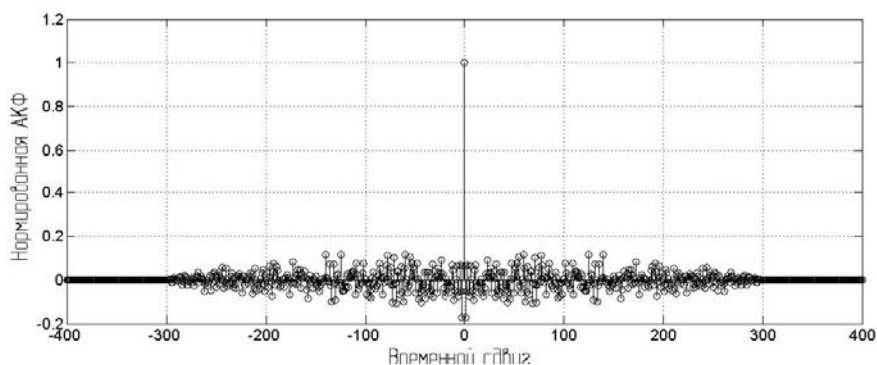


Рис. 3 Нормированная АКФ ПЧП, сформированной по алгоритму (3)

Зависимость значений показателя Ляпунова $\Lambda(x_0)$ [7] от величины параметра c приведена на рис. 4.

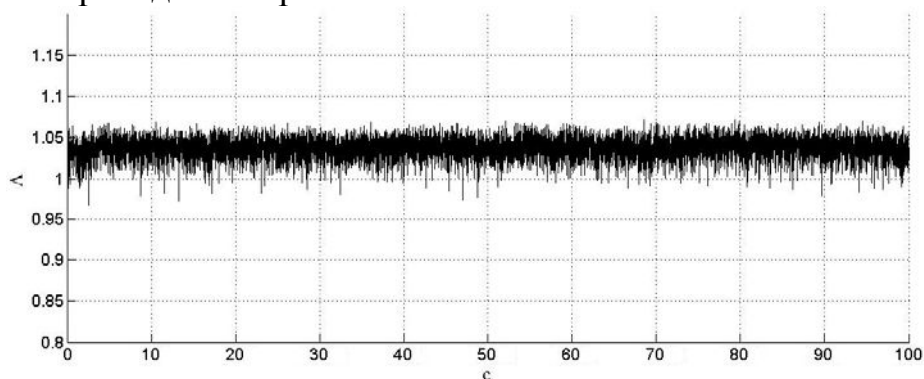
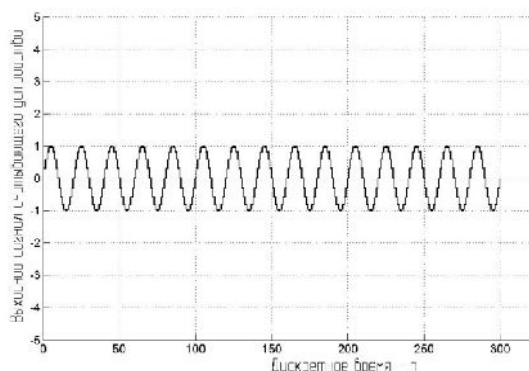


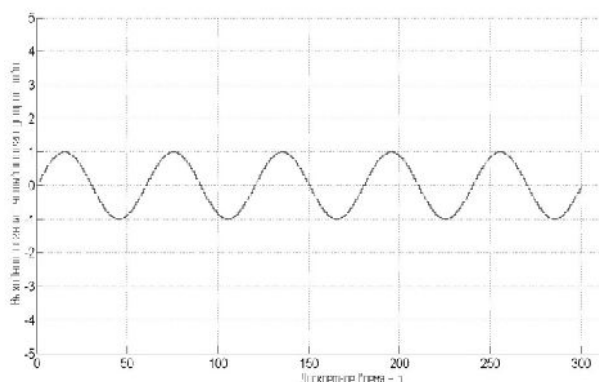
Рис. 4 Спектр характеристических показателей Ляпунова для ПЧП, сформированной по алгоритму (3)

Результаты работы модели считывающего устройства приведены ниже на рис.5 и рис.6. В случае, когда параметр в RFID-метке и в считывающем устройстве $c=10$ (рис.5а) и в случае, когда параметр в RFID-метке и в считывающем устройстве $c=30$ (рис.5б) - совпадают.

Пример, когда параметр в RFID-метке ($c=35$) не совпадает с параметром считывающего устройства (например, $c=36$) - рис.6.



а)



б)

Рис. 5 Результат работы считывающего устройства при совпадении параметров а) параметр $c=10$, б) параметр $c=30$

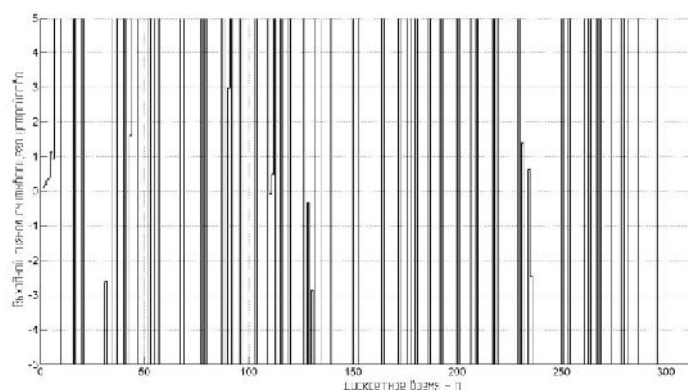


Рис. 6 Результат работы считывающего устройства при несовпадении параметров

Анализ показал, что сформированная по алгоритму (3) ПЧП имеет хаотический характер, это подтверждает и временная диаграмма (рис.1) и расчет спектра характеристических показателей Ляпунова (рис. 4).

Как видно из графических зависимостей рис.5 модель считывающего устройства работает корректно в обнаружении синусоидальной составляющей алгоритма (3). Изменяя параметр c , можно изменять частоту колебаний в (2) (см. рис. 5 а, б). Эта частота может использоваться в качестве пароля. Для контроля данной величины в состав считывающего устройства должен быть включен цифровой полосовой фильтр, выделяющий показанные на рис.5 а, б колебания.

Таким образом, рассмотренный модифицированный алгоритм Мэя может быть использован в системе радиочастотной идентификации - RFID.

Библиографический список

1. К. Финкенцеллер. RFID технологии. М.: Додэка XXI, 2010 г. – с. 496
2. Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение; Пер. с англ. – М.: 1988. – с. 240
3. Мун Ф. Хаотические колебания: Вводный курс для научных работников и инженеров. – М.: Мир, 1990. – с. 312
4. May R.M., Oster G.F. Bifurcation and dynamical complicity in simple ecological models. // The American Naturalist, 1976. 110, №974. – с. 573-599.
5. Кочубиевский И.Д., Шапиро А.П. Модели поведения систем с дискретным временем в законе функционирования. В кн: Итоги науки и техники. Техн. кибернетика.Т.16.-М.: ВИНТИ, 1983. – с. 273-305.
6. Кондрашев В.Е., Королёв С.Б. MATLAB как система программирования научно-технических расчётов.- М.: Мир, 2002. – с. 350.
7. Анищенко В.С., Вадивасова Т.Е., Шиманский-Гайер Л. Динамическое и статистическое описание колебательных систем / Под ред. В.С. Анищенко. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2005. – с. 156.

УДК: 621.37:621.391

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ЗАДАЧ В РЕЖИМЕ УДАЛЁННОГО ПАЦИЕНТА

Коршаковский С.И., Малахов А.В., Володин П.В.

Актуальной задачей в современной медицине, в частности в космической медицине, является возможность бесконтактной диагностики пациента в экстремальных условиях, когда исключена возможность использова-

ния стандартного набора медицинских процедур. Например, параметров сердечной деятельности человека (ПСД). В работе предлагается специализированный программно-аппаратный комплекс с использованием современных средств моделирования, в частности, программной среды LabView. Обсуждается структурная схема алгоритма контроля ПСД пациента, в которой первичная обработка сигналов речевых фонем осуществляется стандартными радиометодами.

Рассмотренные вопросы проектирования средств диагностики и неразрушающего контроля в интересах обеспечения надёжности элементов и узлов летательного аппарата в режиме эксплуатации не могут быть ограничены только его технической безопасностью. В экстремальных условиях безопасность в целом определяется, в том числе, состоянием членов экипажа, зависящем, в частности, от *сердечной деятельности*, которая, в свою очередь, характеризуется определённым набором таких диагностических параметров, как ритм сердечных мышц, амплитуда ударов, частота и т.д. (рис. 1). Актуальной задачей в современной медицине, в частности, в космической медицине, является возможность определения отмеченных параметров сердечной деятельности (ПСД) человека в экстремальных условиях, когда исключена возможность использования стандартного набора медицинских процедур в режиме удаления пациента. Насколько известно, такая задача в медицине не только не решена, но и не ставилась. С учетом числа техногенных катастроф в последние годы можно говорить о системности возникновения экстренных ситуаций.



Рис.1 Типичная электрокардиограмма пациента

Решение задачи бесконтактной диагностики пациента следует искать во взаимосвязи и взаимозависимости всех систем организма человека. Исходя из этого постулата необходимо разработать программно-аппаратный комплекс, способный реализовать эту задачу.

Для диагностики была выбрана система дыхания человека с учётом следующих гипотез:

- кровеносная система человека представляет собой замкнутую гидросистему;
- в момент выброса крови из желудочка сердца в аорту в гидросистеме происходит гидроудар (резкое повышение кровяного давления в аорте, начиная с сердечного клапана между желудочком и аортой), распростра-

няющийся по всей гидросистеме от аорты до капилляров, который можно определить как пульс в ряде диагностических точек;

- в момент достижения гидроударом капиллярной системы лёгких происходит сокращение их объёма за счет увеличения объема капилляров в лёгочной системе, в результате чего и возникает скачкообразное увеличение давления воздуха в лёгких;

- поскольку дыхательная система человека является открытой (через нос и ротовую полость), то в выдыхаемом воздухе можно выделить это изменение давления.

Анализируя сопоставленные и синхронизированные кардиограмму человека и карту его голосовых фонем, мы получим возможность, используя статистические данные из кардиологии, диагностировать деятельность сердечной мышцы по голосовым фонемам человека (рис. 2). Это позволит разработать методику диагностики состояния сердечной мышцы бесконтактным методом, в том числе и посредством использования средств телекоммуникаций, передавая в медицинские учреждения оцифрованные записи голоса человека для обработки.

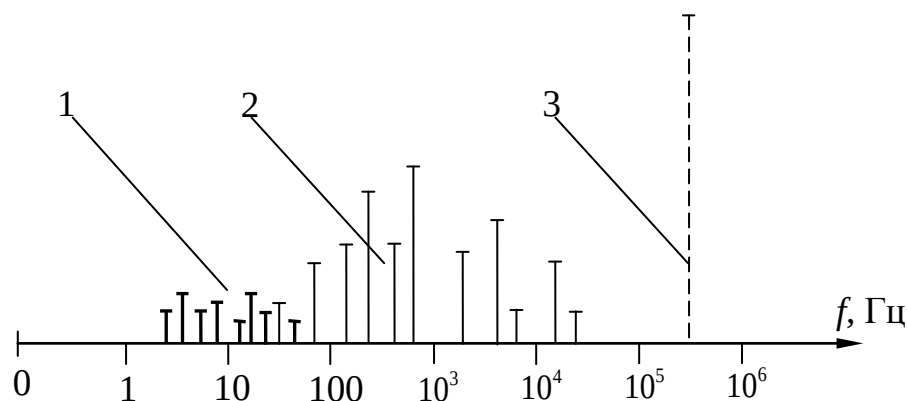


*Рис. 2 Амплитудно-частотные характеристики сигналов речевых фонем:
1 – сердечная деятельность (Ω_c), 2 – голосовые фонемы (ω_g),
3 – несущая частота (Ω_n)*

Создание специализированного программно-аппаратного комплекса требует проведения широкого спектра исследований с использованием современных средств моделирования, в частности, программной среды LabView. Этот программный продукт, предназначенных для моделирования различного вида цифровых и аналоговых схем, имеет большой набор стандартных инструментов контроля: генераторы сигналов, частотомеры, осциллографы и др. Кроме этого LabView имеет широкий набор аппаратных устройств, позволяющих подключать для исследования реальные объекты. Коммуникация дополнительного оборудования для LabView осуществляется путем непосредственного подключения к разъему PCI или PCI-E дополнительных плат. Возможно использование устройств с интерфейсами COM или USB.

На рис. 3 изображена структурная схема рабочего стенда (виртуально-го приёмника), являющегося в среде LabView прототипом реального устройства и моделирующая все его функции. Аппаратная часть устройства содержит микрофон, с электрического сигнала которого выделяются голосовые фонемы, кардиограф, позволяющий получить в виде электрического сигнала информацию о работе сердечной мышцы, и внешние устройства DAC (платы). Все остальные модули можно реализовать в среде моделирования Lab View. Для первоначальной отладки целесообразно всю аппаратную часть также смоделировать как устройства-эмуляторы.

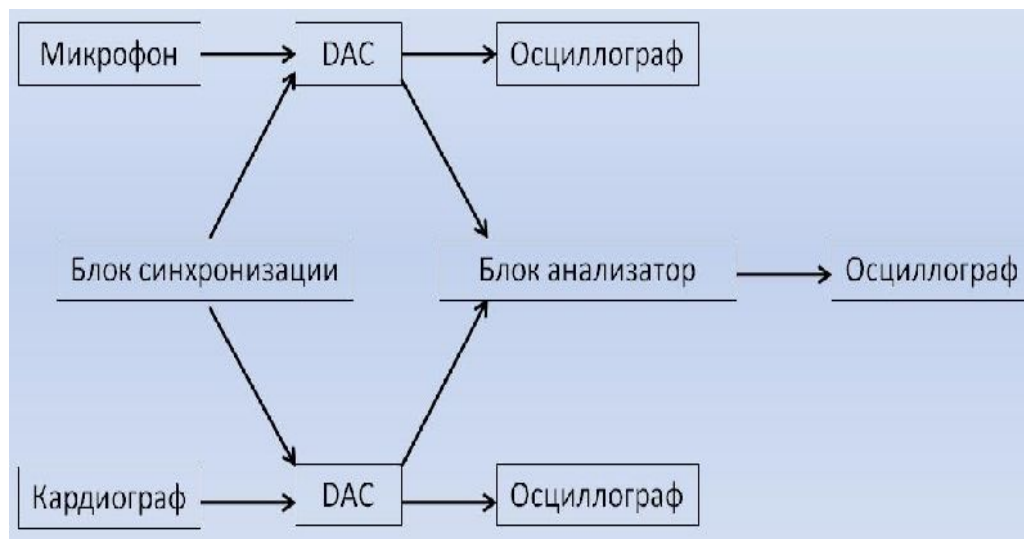


Рис. 3 Структурная схема рабочего стенда

Ключевой задачей, решаемой на этапе моделирования, является синхронизация сигналов, поступающих от микрофона и кардиографа. С этой целью необходимо учесть время задержки Δt_1 распространения сигнала в гидросреде, снимаемого кардиографом, от сердечной мышцы до диагностической точки контроля, к которой подключается кардиограф, и суммарное время задержки Δt_2 от сердца до лёгких человека и от лёгких до ротовой полости, рядом с которой расположен микрофон. Разницу этих задержек необходимо внести в модель как поправку. Скорость распространения сигнала в гидросистеме можно принять, равной 1500 м/с, в воздухе – 340 м/с. При расчёте следует учитывать анатомические особенности тела человека, считая при этом, что пропорции его тела не зависят от роста (см. «Круг Леонардо Да Винчи», рис. 4), хотя его рост с возрастом меняется. Принимая в расчёт эти соображения, были получены следующие оценки временных задержек: по каналу кардиографа $\Delta t_1 \approx 0,5 \times 10^{-3}$ с по каналу микрофона – $\Delta t_2 \approx 1,9 \times 10^{-3}$ с.

На основе постулата Леонардо Да Винчи, можно внести далее соответствующие поправочные коэффициенты на рост и возраст человека, используя статистические данные и закон нормального распределения параметров его роста.

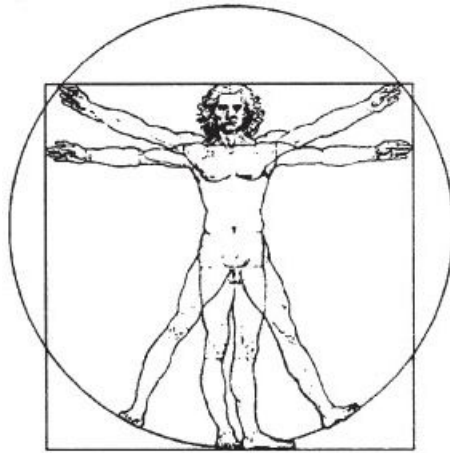


Рис. 4 Круг Леонардо Да Винчи

Общая структурная схема алгоритма контроля параметров сердечной деятельности пациента представлена на рис. 4. ПСД, определяющие амплитуду и фазу гармонического ряда сигналов с круговыми частотами Ω_i , воздействуют на голосовой аппарат человека 1, в результате чего формируемые речевые фонемы (продольные акустические волны) с гармоническим рядом звуковых сигналов, определяемых частотами ω_j , будут искажены.

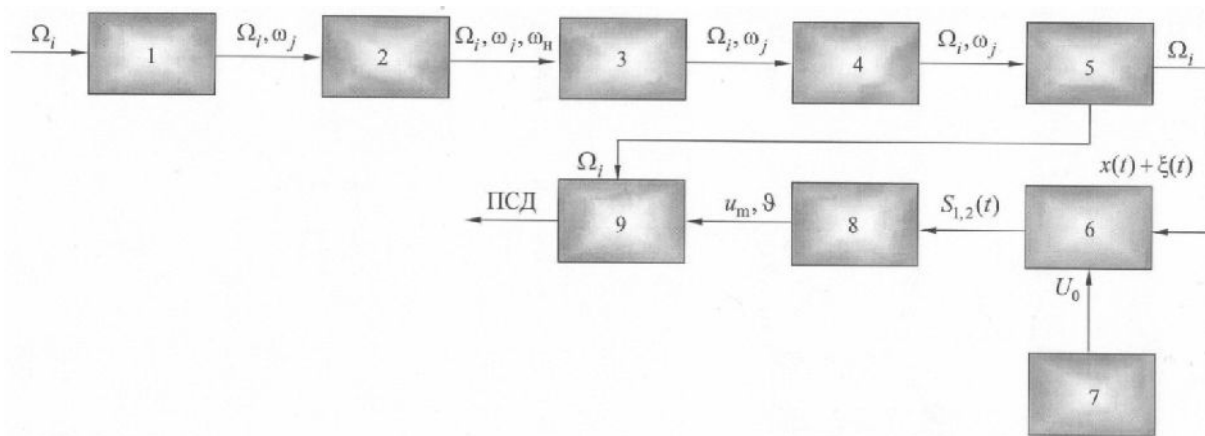


Рис. 5 Структурная схема определения параметров сердечной деятельности: 1 – формирование речевых фонем (голосовой аппарат пациента); 2 – передатчик (радиомикрофон); 3 – радиоприёмник; 4 – усилитель; 5 – система фильтрации; 6 – колебательные контуры на два канала; 7 – источник ударного напряжения; 8 – решающее устройство; 9 – анализатор.

С помощью передающего устройства 2, например, радиомикрофона, на несущей частоте Ω_n информация с речевыми фонемами передаётся на определённое расстояние (базу) – на радиоприёмник 3, с выхода которого снимается низкочастотный сигнал (гармоники Ω_i и ω_j), который далее поступает на усилитель 4. Усиленный сигнал передаётся на систему фильтрации 5, в которой выделяются сигналы с частотами Ω_i . Следует отме-

тить, что на основе статистических опытных данных эти частоты могут быть известными (заданными). В противном случае с помощью системы активных фильтров с определённым шагом $\Delta\Omega$ вся система настраивается на определённые частоты, после чего запускается алгоритм вычисления параметров u_m и ϑ (с принудительно заданной частотой Ω_i).

Таким образом, первичная обработка сигналов речевых фонем осуществляется стандартными радиометодами с помощью блоков 3, 4, 5 которые, в свою очередь, могут быть дополнены современными средствами подавления помех, активными фильтрами, использованием метода БПФ (быстрое преобразование Фурье) и др. Вторичная обработка сигналов (с высоким уровнем помех) осуществляется с помощью блоков 6, 7 и 8. Анализатор 9 по данным вторичной обработки определяет параметры сердечной деятельности.

Для разработки более детального алгоритма, в частности – блоков 5 и 9 необходимо предварительно провести широкий спектр исследований, направленных на определение корреляционной функции, связывающей параметры выделенного сигнала $x(t)$ и ПСД.

Библиографический список

1. Алёхна Е.В., Малахов А.В., Макаревич А.В. АНТЭК – аппарат электромагнитной терапии, носимый, компьютеризированный // 57 научно-техническая конференция МИРЭА. Сборник трудов, т.3. – Технические науки. – М.: МИРЭА, 2008. – с. 169-174.

2. Карагузов Т.И., Коваленко С.М., Малахов А.В., Макаревич А.В. Разработка стенда АПК «МАРС» для тестирования, диагностики и терапии пациента с удалённой точки доступа и связи с врачом в реальном масштабе времени. // Труды третьей Всероссийской конференции. Стандартизация информационных технологий и интероперабельность. – М.: ВВЦ, 27 октября 2008 г.

3. Микитин В.М., Малахов А. В. Методические указания по выполнению лабораторных работ. МИРЭА № 0889. Москва 2009.

4. Коршаковский С.И., Коваленко С.М., Малахов А.В. Определение характеристик сердечной деятельности человека по анализу его речевых фонем // Специальная техника, 2010, №5. – с. 28-36.

5. Карагузов Т.И., Коваленко С.М., Макаревич А.В., Малахов А.В. Разработка АРМ АПК «МАРС» для диагностики и терапии пациента с удалённой точки доступа в реальном масштабе времени // Теоретические вопросы вычислительной техники и программного обеспечения: Межвузовский сборник научных трудов. – М.: МИРЭА, 2010. – с. 39-43.

6. Малахов А.В., Макаревич А.В., Микитин В.М. Некоторые аспекты методологии обучения в пограничных специальностях. // Научный вестник МИРЭА. – М.: МИРЭА, 2010, №2. – с. 24-28.

7. Коршаковский С.И., Коваленко С.М., Малахов А.В. Формирование

полезного сигнала в условиях больших шумов на основе создания в нем затухающих переходных процессов с использованием одного канала // Специальная техника, 2011, №3. – с. 25-29.

8. Малахов А.В. Определение относительной и абсолютной погрешностей голосовых фонем. 60 научно-техническая конференция. Сборник трудов. – М.: МГТУ МИРЭА, 2011. – Ч.3. Технические науки. – с. 80-85.

9. Коршаковский С.И., Коваленко С.М., Малахов А.В. Платонова О.В. Алгоритм формирования полезного радиосигнала в условиях больших шумов // Специальная техника, 2011, №6. – с. 21-29.

10. Смирнов С. С, Малахов А. В. Методические указания по выполнению лабораторных работ. / МГТУ МИРЭА № 1110. – Москва: 2011.

11. Коваленко С.М., Малахов А.В. Технология и аппаратно-программное обеспечение для определения эмоционального состояния собеседника по особенностям речевого потока. //Научно-практическая конференция «Проблемы использования биометрических технологий в идентификационных документах» Москва, 7 декабря 2011.

12. Макаревич А.В., Малахов А.В., Володин П.В. Разработка методики создания учебных программ для курсов повышения квалификации в области пограничных специальностей. // 61 научно-техническая конференция МИРЭА, сборник трудов, 2012, ч. 4. – с. 12-17.

УДК: 621.383/372

ОСОБЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

***Кузяков Б.А., к.ф.-м.н., доцент МГТУ МИРЭА, Россия, аспиранты
МГТУ МИРЭА: Шмелев В.А., Матвеев А.Ю., Маркин А.А.,
Цапенко С.В., Цуников А.Ю., Россия***

Комбинированные оптические линии телекоммуникаций включают сегменты волоконных оптических линий связи (ВОЛС) и сегменты атмосферных беспроводных оптических линий связи (АОЛС). АОЛС предназначены для создания каналов беспроводной передачи данных между разнообразными объектами. Передача осуществляется в открытом пространстве остронаправленным лазерным лучом в условиях прямой видимости [1-3]. Пример распространенного канала связи для Ethernet приведен на рис. 1.

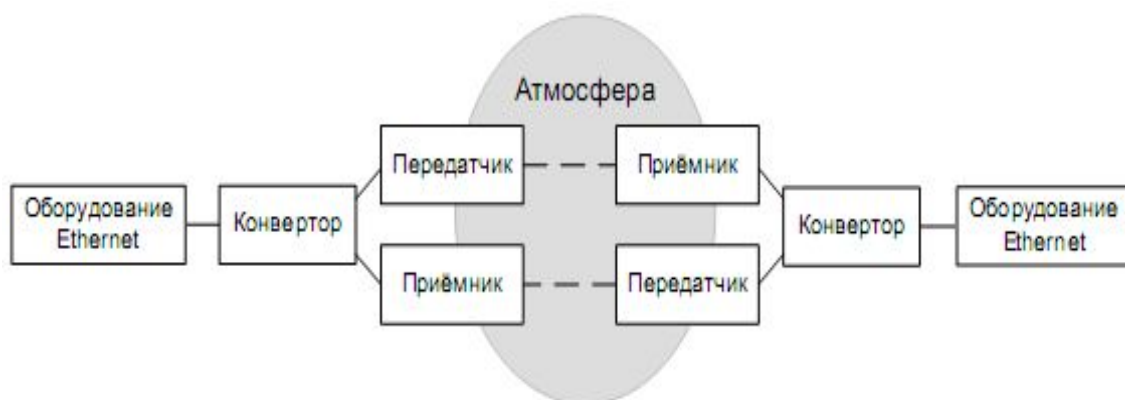


Рис. 1 Вариант структуры системы АОЛС для канала Ethernet

В настоящее время, по крайней мере в городах, каналы Ethernet используют основные модули ВОЛС. При этом представляется возможным избежать двойного преобразования информационных сигналов по схеме: «оптические сигналы → электрические сигналы → оптические сигналы» и устранить модули «конвертор» на обоих концах канала связи. Проведенный ранее анализ работы АОЛС, показал, что уровень мощности в приемном модуле P_r в сильной мере зависит от мощности передающего модуля P_t и диаметра D_t передающей оптики (рис. 2).

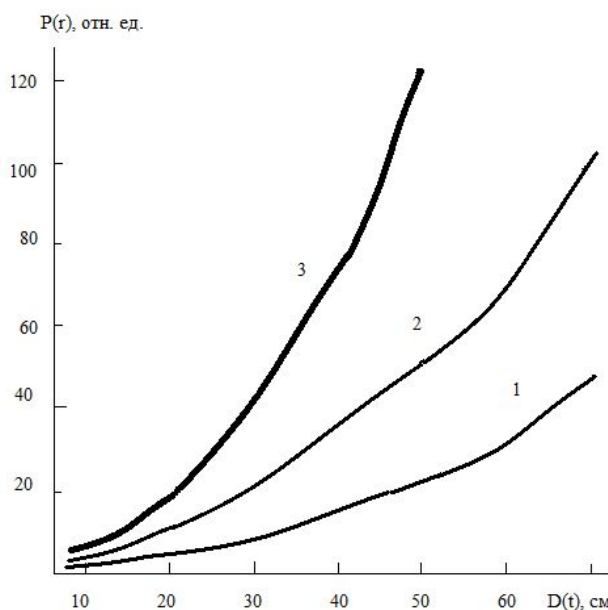


Рис. 2 Зависимость мощности попадающей на приемник P_r от диаметра D_t антенны передатчика при диаметре антенны приемника 10 см и различной мощности: 1 – 2 Вт, 2 – 4 Вт, 3 – 10 Вт

Графики рис. 2 подтверждают линейную зависимость P_r от P_t и квадратичную зависимость от величины D_t . Поэтому можно использовать выходной торец волоконного световода в модуле передатчика в качестве источника излучения передатчика при соответствующем уровне мощности. Для повышения мощности предлагается использовать волоконный усили-

тель. Для реализации такой схемы имеется реальная современная техническая база.

Технологические установки с лазерами разных типов мощностью 1-10 кВт в непрерывном режиме широко применяются в техносфере уже более 20 лет. В последнее время наиболее популярными становятся волоконные лазеры (ВЛКЛ) и волоконные усилители (ВЛКУ). Высокая мощность серийных волоконных лазеров достигается применением нескольких лазерных модулей с боковой накачкой. Причем, выходная мощность превысила уровень 2 кВт в одномодовом режиме и величину более 5 – 50 (100) кВт с многомодовым пучком. Продолжается интенсивное совершенствование параметров ВЛКЛ [4-6]. В настоящее время лучшие модели ВЛКЛ по совокупности параметров разрабатываются и серийно выпускаются НТО «ИРЭ-Полус» (г. Фрязино), входящего в международную научно-техническую группу IPG Photonics Corporation [4-5].

В наше время ВЛКЛ перекрывают основные области использования мощных технологических лазеров других типов. При этом в мощных лазерах ряд узлов находится в экстремальных условиях. В оптическом волокне нелинейные эффекты возникают уже при относительно небольших мощностях порядка $P = 10 \dots 100$ Вт. Так, при мощности порядка $P = 10$ Вт и характерной площади поперечного сечения внутренней жилы одномодового световода $S = 50 \text{ мкм}^2 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2$ интенсивность света составляет $W = 2 \cdot 10^7 \text{ Вт/см}^2$, а при $P = 50$ Вт, $W = 1 \cdot 10^8 \text{ Вт/см}^2$, соответственно. В оптическом волокне, определяющим параметром анализа является кубическая восприимчивость $\chi(3)$. Тепловая неустойчивость реальных оптических сред в широких световых пучках возникает при энергетической освещенности в пределах $10^6 \text{ — } 10^7 \text{ Вт/см}^2$, для импульсов длительностью больше 10^{-5} с. С уменьшением длительности импульса лучевая стойкость (ЛС) возрастает вследствие нестационарности нагрева неоднородностей. ЛС - это способность твердой прозрачной среды сопротивляться необратимому изменению её оптических параметров и сохранять свою целостность при воздействии мощного оптического излучения. Присутствие дефектов размером больше микрона снижает ЛС на один-два порядка. При непрерывном режиме работы, ЛС кварцевой сердцевины световодов с фторсиликатной оболочкой к лазерному излучению [4, 5] составляет $1,8 \cdot 10^6 \text{ Вт/см}^2$ для Nd:YAG - лазера (1,06 мкм). На рис. 3 приведен вариант боковой накачки сердцевины активного волокна в волоконном лазере/усилителе.

Из общетехнических представлений известно, что проходящая интенсивность излучения внутри всех модулей и блоков лазерной технологической установки должна быть меньше их ЛС. К наиболее критичным относятся: секции выходных световодов, места соединений силовых световодов, оптические элементы лазерной головки.

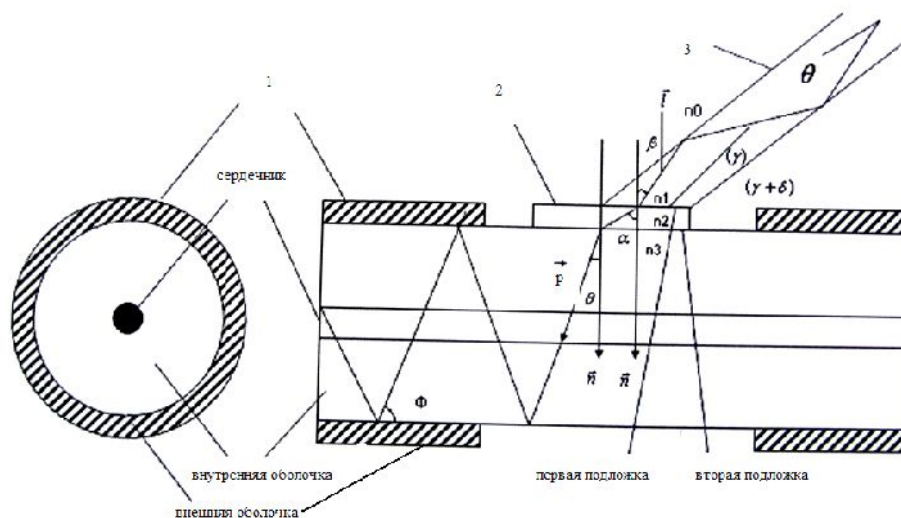


Рис. 3 Вариант схемы боковой накачки сердечника световода в волоконном лазере/усилителе

Во многих практических случаях детальные отличия свойств силовых световодов носят характер «ноу-хау» и/или являются конфиденциальной информацией предприятия-разработчика. ЛС световодов зависит от материалов сердцевины и оболочки, ряда их технических параметров и особенностей технологии изготовления.

Таким образом, для эффективной передачи лазерного излучения от источника до модуля передатчика необходимы волоконные усилители на основе кварцевых световодов с повышенным диаметром сердцевины (50 мкм и более) [4, 5].

Библиографический список

1. Павлов Н.М. Аппаратура атмосферных оптических линий передачи и методы ее классификации. Фотон-Экспресс. 2006. №6. Октябрь, спец. вып. - с. 91–104.
2. Parenti R.R., Roth J.M., Shapiro J.H., Walther F.G., Greco J.A. Experimental observations of channel reciprocity in single-mode free-space optical links. Optics Express, Vol. 20, Issue 19, 2012, p. 21635 - 21644.
3. Кузяков Б.А., Левашов Д.В., Серов А.Н. Оптимизация открытой оптической линии связи в сфере гражданской авиации. 59 Н.-т.к. МГТУ МИРЭА, Москва, май 2010. - с. 55.
4. Дианов Е.М. Волоконные лазеры. УФН, 2004. - с. 1139-1148.
5. Самарцев И.Э. Мощные волоконные лазеры - 20 лет развития. РИТМ, 2010, № 3, с. 10 - 12.
6. Лазер - Информ. М., ЛАС, № 23, декабрь, 2009. - с. 16.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ С АТМОСФЕРНЫМИ СЕГМЕНТАМИ

*Тихонов Р.В., аспирант МГТУ МИРЭА; Кузяков Б.А., к. ф.-м. н., доцент
МГТУ МИРЭА, Шмелев В.А., аспирант МГТУ МИРЭА, Матвеев А.Ю.,
аспирант МГТУ МИРЭА, Маркин А.А., аспирант МГТУ МИРЭА*

Наряду с широко известными волоконными оптическими линиями связи (ВОЛС) разрабатываются и применяются атмосферные беспроводные оптические линии связи (АОЛС). Открытые оптические системы связи предназначены для создания каналов беспроводной передачи данных между разнообразными объектами. Оборудование функционирует по принципу преобразования электрических сигналов в оптические и обратно. Передача осуществляется в открытом пространстве остронаправленным лазерным лучом в условиях прямой видимости. Актуальность использования АОЛС в качестве оборудования “последней мили” неоднократно подчеркивается во многих источниках [1-3]. В случае территориальной общности пользователей возможно объединение их с помощью высокоскоростной ЛВС (100 Мбит/с или 1 Гбит/с и выше). В этом случае АОЛС может использоваться для связи различных сегментов сети. Общая схема АОЛС включает: источник лазерного излучения с модулятором, на который поступает информационный сигнал; модуль передающей антенны; атмосферный канал; модуль приёмной антенны; модуль фотоприёмного устройства на основе быстродействующего PIN фотодиода или APD с предусилителем и системой обработки сигнала. В последнее время, для повышения эффективности ВОЛС, наибольшее распространение получили системы передачи информации OFDM. Кроме того, применения многоуровневой квадратурной модуляции (M-QAM) и схемы контроля, создают дополнительные преимущества.

В то же время сами системы OFDM продолжают совершенствоваться. Например, рассматриваются проблемы фазовой синхронизации OFDM сигналов в условиях аддитивных помех, неточности восстановления несущей частоты на приемной стороне, а также доплеровского сдвига частот. Получены функции плотности вероятности распределения амплитуды и фазы поднесущих OFDM сигнала в условиях таких мешающих факторов. Рассматриваются варианты построения алгоритмов фазовой синхронизации. Принятая фаза k -ой поднесущей OFDM сигнала [4] представляется в виде:

$$\varphi_{k, received} = \varphi_k - \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot m}{N} + \varphi_{k, N} , \quad (1)$$

где k – номера поднесущих OFDM сигнала; m – смещение начала захвата символа; N – количество поднесущих OFDM сигнала; φ_k – переданная фаза на k -ой поднесущей; $\varphi_{k,N}$ – шумовая составляющая на k -ой поднесущей.

Для определения оптимального алгоритма оценки принятой фазы на k -ой поднесущей необходимо знать ФПВ принятого значения фазы. В результате воздействия на OFDM сигнал аддитивного широкополосного и узкополосного шумов, а также смещения частот приема и передачи, включая эффект Доплера, ФПВ распределения фазы одинакова для всех случаев и может быть записана в виде:

$$f_{\varphi}(\vartheta) = \exp\left\{-\frac{\alpha}{2\sigma^2}\right\} + \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \cos(\vartheta - \vartheta_0) \cdot F\left[\frac{\alpha}{\sigma} \cdot \cos(\vartheta - \vartheta_0)\right] \times \\ \times \exp\left\{-\frac{\alpha^2}{2\sigma^2} \cdot \sin^2(\vartheta - \vartheta_0)\right\}, |\vartheta - \vartheta_0| \leq \pi, \quad (2)$$

где $F(z)$ – интеграл Лапласа; α – математическое ожидание амплитуды на поднесущей; σ – дисперсия шума на поднесущей.

В отсутствии регулярного сигнала выражение (2) вырождается в равномерную плотность распределения. При больших отношениях сигнал/шум (ОСШ) ($1 \gg \sigma\alpha$) плотность вероятности фазы может быть представлена как нормально распределенная. Поскольку фаза на поднесущих независима и имеет нормальное распределение, то для ее оценивания используется метод наименьших квадратов. Постоянный для всех поднесущих, фазовый сдвиг, оценивается соотношением:

$$\varphi_{common} = \frac{1}{K} \cdot \sum_i \varphi_i, \quad (3)$$

где K – количество пилотных поднесущих; i – номера пилотных поднесущих. Выражение (3) дает правильную оценку в том случае, если пилотные поднесущие находятся симметрично относительно несущей. В результате моделирования, для сигнала OFDM-256, содержащего 8 пилотных поднесущих, получено СКО, равное 0.0001 при отношении сигнал/шум, равном примерно 24 дБ. На основе подобного алгоритма, с использованием языка VHDL, может быть реализован блок фазовой синхронизации.

Кроме того, большое влияние на работу всей системы оказывает радиомодем. Модем (стандарт IEEE 802.16-2004) реализован на микросхеме программируемой логики фирмы ALTERA, а все программы могут быть реализованы на языках VHDL, AHDL.

В связи с расширением применения OFDM-систем, актуальными стали задачи обеспечения уверенного приема сигналов при замираниях в канале. При этом вследствие доплеровского расширения спектра может происходить нарушение ортогональности поднесущих [5], приводящее к межканальной интерференции (МКИ). Для эффективной борьбы с МКИ может применяться усовершенствованная схема приемного модуля, блок-схема которого, показана на рис. 1.

Работу модулей такого типа, удобно моделировать в среде МАТЛАБ. Например, в работе [5]: число поднесущих в пилотном символе - 13, число поднесущих в информационных символах 97 ($K=8$), размерность БПФ при демодуляции пилотных символов – 16, информационных - 128. Модуляция поднесущих пилотных символов – ФМ2, поднесущих информационных символов – ФМ4. Порядок авторегрессионной модели фильтра Калмана – 2, число символов, используемых при интерполяции ИХ $2P=4$. Канал задается 24 некоррелированными лучами одинаковой мощности, замирающими по рэлеевскому закону.

Анализ полученных результатов, с учетом этой работы, показывает, что применение рассматриваемого модуля позволяет получить выигрыш в ОСП более 10 дБ при вероятности ошибки 0,001 и ОСШ 40 дБ, по сравнению со схемами с распределенными пилотными поднесущими внутри информационного сигнала.



Рис. 1 Структурная схема усовершенствованного приемника

Таким образом, в нашей работе подтверждается актуальность развития работ по модернизации комбинированных систем ВОЛС + АОЛС [1-3, 6]. Приведены перспективная блок-схема рассматриваемой системы и показано, что применение ОФДМ с модифицированными передающими и приемными блоками, позволяет обеспечить её высокую эффективность.

Библиографический список

1. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. - М.: Техносфера, 2005.
2. Кузяков Б.А. Методы повышения дальности атмосферных оптических линий телекоммуникаций. INTERMATIC – 2011. Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 7-11 ноября 2011 г., Москва. Под ред. чл.-корр. РАН А.С. Сигова, «Энергоатомиздат», Москва-2011, МИРЭА, в 4 частях, ч. 3. - с. 108-111.

3. Wang Z., Zhong W.-D., Yu C., Chen J., Shin Francois C.P., Chen W. Performance of dimming control scheme in visible light communication system. Optics Express, Vol. 20, No. 17, 2012, p. 18861-18868.

4. Долгих Д.А. Оценивание линейного фазового сдвига OFDM сигнала. Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. №8. - с.148-151.

5. Калашников К.С. Метод борьбы с межканальной интерференцией при приеме OFDM сигналов в условиях быстрых замираний в канале. Доклады 14 Междунар. конф. «Цифровая обработка сигналов и ее применение, DSPA-12», М., 2012. - с. 154 - 157.

6. Parenti R.R., Roth J.M., Shapiro J.H., Walther F.G., Greco J.A. Experimental observations of channel reciprocity in single-mode free-space optical links. Optics Express, Vol. 20, Issue 19, 2012, p. 21635-21644.

УДК: 621.383

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ СРЕДНЕГО ИК ДИАПАЗОНА

***Тихонов Р. В., аспирант МГТУ МИРЭА, Россия, Кузяков Б.А., к.ф.-м.н.,
доцент МГТУ МИРЭА, Топтыгин В.С., студент МГТУ МИРЭА,
Шмелев В.А., аспирант МГТУ МИРЭА, Цуников А.Ю., аспирант
МГТУ МИРЭА***

В наше время интенсивно разрабатываются и широко применяются атмосферные беспроводные оптические линии телекоммуникации (АОЛТ) [1-2]. Ряд атмосферных лазерных систем, в диапазоне $\lambda = 0,7 - 1,6$ мкм, выпускаются малыми сериями. С открытием активных лазерных сред на CO_2 начались работы по исследованию возможностей создания на их основе наиболее эффективных лазеров и квантовых усилителей слабых излучений для приемных устройств. Интерес к этим системам и к приемным устройствам для этих систем, обусловлен тем, что CO_2 – лазеры имеют высокие мощности и кпд. Их излучение (длина волны 10.6мкм) попадает в окно прозрачности атмосферы и безопасно для глаз, что является существенным преимуществом по сравнению с активными системами с лазерами на Nd.

Общая схема АОЛС включает: источник лазерного излучения с модулятором, на который поступает информационный сигнал; модуль передающей антенны; атмосферный канал; модуль приёмной антенны; модуль фотоприёмного устройства на основе быстродействующего PIN фотодиода или APD с предусилителем и системой обработки сигнала.

Доступность АОЛТ непосредственно связана с величиной поступающей лазерной мощности на приёмник P_r и отношением сигнал/шум. Величину P_r можно оценить по следующему выражению:

$$P_r = \sigma P_t G_t \tau_t G_r \tau_r \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \left(\frac{1}{R^2} \right) \beta(r), \quad (1)$$

здесь, σ – коэффициент пропускания атмосферы, P_t - мощность передатчика, τ_t - потери мощности в передатчике, τ_r - потери мощности в приёмнике, R - расстояние между передатчиком и приёмником, $G_t = (\pi D_t / \lambda)^2$, $G_r = (\pi D_r / \lambda)^2$, D_t - диаметр антенны передатчика, D_r - диаметр антенны приёмника, $\beta(r)$ – коэффициент смещения центра пучка от центра антенны приёмника.

В формулу (1) входит коэффициент σ , определяющий величину ослабления (затухания) лазерного излучения в атмосфере Земли и зависящий от ряда её факторов. Такими факторами являются селективное молекулярное поглощение и рассеяние, а также селективное рассеяние на частицах (аэрозолях). Коэффициент $\beta(r)$ зависит от уровня турбулентности атмосферы. Данная формула позволяет оценить основные параметры АОЛТ и провести моделирование. Среди известных разнообразных методов совершенствования АОЛТ, рассмотрим влияние длины волны излучения и профиля лазерного пучка. При оптимизации АОЛТ, рядом преимуществ обладает излучение с $\lambda=10,6$ мкм. Современные CO₂- лазеры волноводного и щелевого типов обеспечивают требуемые уровни мощности, а акустооптические модуляторы позволяют создавать сигналы с требуемыми параметрами [3]. Поглощение излучения CO₂- лазера в приземной атмосфере вызывается, в основном, водяным паром и углекислым газом, а также частицами аэрозоля. В условиях спокойной атмосферы [4], величина коэффициента передачи оказалась несколько выше, чем при ветре и составила в среднем 0,77, коэффициент ослабления изменялся в пределах 0,7 - 0,77 дБ/км (при $\lambda=10,6$ мкм). В отдельных опытах коэффициент передачи достигал величины $k=0,84$. При этом абсолютная влажность и температуры воздуха были равны для них 4,4 г/м³ и +1⁰С, соответственно. В табл. 1 приведены коэффициенты ослабления излучения CO₂-лазера на трассе длиной 760 м [4] в зависимости от абсолютной влажности воздуха $a_{вл}$ и других параметрах атмосферы.

Таблица 1: Коэффициенты ослабления излучения CO₂–лазера

$T_{\text{воздуха}}, ^\circ\text{C}$	- 1	0	8	9
$\alpha_{\text{вл}}, \text{г/м}^3$	4,2	4,5	6,7	7,1
$\delta, \text{дБ/км}$	1,3	1,6	2,0	2,2

Каждая из приведенных величин является результатом усреднения по 10 - 20 опытам. Представленная здесь совокупность экспериментальных данных показывает, что коллимированный лазерный пучок на волне 10,6

мкм может распространяться в свободной атмосфере с малыми потерями энергии на расстояния, превышающие несколько километров.

Выбор ИК - детекторов связан с наличием окон прозрачности атмосферы: $0.95 \div 1.8$, $2.1 \div 2.4$, $3 \div 5$, и $8 \div 14$ мкм. Для регистрации излучения среднего ИК-диапазона могут использоваться специальные фотонные приемники, например, фоторезисторы и фотодиоды на основе монокристаллического соединения CdHgTe, и среди них наиболее перспективным вариантом для эффективных приемников среднего ИК-диапазона ($\lambda = 3 - 15$ мкм) являются многослойные пленочные структуры на основе $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ (КРТ - структуры) [5].

Совокупность основных требований к приемному устройству определяется особенностями преобразования внешнего оптического излучения в электрический сигнал. При этом спектральная область чувствительности приемного устройства определяется соотношением энергии возбуждения (длиной волны излучения) и шириной запрещенной зоны полупроводника. Для обеспечения нормального режима работы приемника с квантовым выходом, близким к 1, необходимо обеспечить его охлаждение до температур, при которых предельные характеристики определяются фоновым излучением. Это означает, что джонсоновский шум в приемнике должен быть пренебрежимо мал по сравнению с генерационно-рекомбинационным шумом. Оптимальной рабочей температурой приемников ИК-излучения является такая температура, которая обеспечивает наилучшие параметры приема для заданных условий применения, и прежде всего – с точки зрения величины пороговой чувствительности. Наилучшая пороговая чувствительность достигается при реализации наименьшего из возможных уровней шума. Принципиально неустранимым шумом является генерационно-рекомбинационный шум фоторезистора. Другие шумы могут быть или устранены полностью, или существенно снижены. Таким образом, оптимальной для приема оптического излучения является такая температура, при которой генерационно-рекомбинационный шум имеет наименьшее значение.

Существующие фотонные ИК-приемники других типов (PbS, PbSe, GaP, InGaAsP/InP, InSb) не могут конкурировать с фотоприемниками на основе КРТ по основному набору параметров в силу меньшей технологичности и ряда фундаментальных физических ограничений.

Другим вариантом приемника излучения среднего ИК - диапазона может являться тепловой неохлаждаемый пироэлектрический элемент [6]. Такой приемник имеет в основе пироэлектрический кристалл, как правило, BaTiO_3 или триглицинсульфата (ТГС) с различными примесями. Для поперечных пироэлектрических приемников постоянная времени составляет $t \sim 10^{-7} - 10^{-8}$ сек, что является вполне достаточным для ряда применений. Следует также отметить, что пироэлектрический ток является сложной функцией электрофизических характеристик кристалла, его геометрических размеров и условий теплообмена со средой. При этом средний прирост температуры пироэлектрического приемника как теплового элемента

обратно пропорционален частоте модуляции, в то время как скорость его изменения прямо пропорциональна частоте модуляции. Типичный пироэлектрический приемник (например, типа МГ-30) предназначен для приема модулированного излучения в диапазоне длин волн 2 – 20 мкм. Вольтовая чувствительность такого приемника в рабочем режиме на нагрузке 10 кОм составляет порядка ~ 3000 В/Вт, а соответствующий порог чувствительности $F(l) \sim 1,1 \times 10^{-9}$ Вт/Гц^{1/2}. В недавних работах [7, 8] получены очень хорошие результаты для атмосферных линий связи в среднем ИК - диапазоне, в которых предпочтение отдано приемникам на базе КРТ, охлаждаемых до температуры 200 - 230 К. Нужно заметить, что получение указанных температур относится к методам неглубокого охлаждения. Они могут создаваться разнообразными традиционными холодильными системами. В частности, в морозильных секциях бытовых холодильников могут неделями поддерживаться температуры равные (и ниже) – 32 °С. Наряду с этим, в промышленности эффективно используются полупроводниковые микроохладители на основе элементов Пелтье, обладающие рядом значимых преимуществ, в сравнении с традиционными.

Таким образом, в данной работе рассмотрены характерные особенности атмосферных беспроводных оптических линий телекоммуникации, работающие в среднем ИК - диапазоне. Показаны перспективы применения КРТ – приемников при их относительно неглубоком охлаждении.

Библиографический список

1. Милютин Е.Р. Атмосферные оптические линии связи в России. Вестник связи, 2008, №2. - с. 89–90.
2. Павлов Н.М. Коэффициент готовности атмосферного канала АОЛП и методы его определения. Фотон-Экспресс, 2006, №6, октябрь, - с.78-90.
3. Жаботинский М.Е., Григорьянц В.В., Кузяков Б.А., Магдич Л.Н. Волноводный газовый лазер. Авторское свидетельство №923335. Бюллетень Изобретений. – М.: 1982, № 39.
4. Gbur G., Wolf S. Spreading of partially coherent beams in random media J. Opt. Soc. Am. A. – 2002. v. 19. - p. 1592-1598.
5. Piotrovski J., Perry F. Designers still choose mercury cadmium telluride. Laser Focus World. 1997. v. 34, - p. 38.
6. Андронов А.А., Захаров Н.Г., Маругин А.В., Савикин А.П. Новые источники и приемники ИК и терагерцового диапазона. Нижн. Новгород., 2007. - с. 95
7. Bielecki1 Z., Kolosowski W., Mikolajczyk J. Free-space Optical Data Link Using Quantum Cascade Laser. Progress In Electromagnetics Research Symposium, Proceedings, Cambridge, USA, July, 2008, - p. 108-111.
8. Leitgeb E., Plank T., Awan M.S., Brandl P., Popoola W., Ghassemlooy Z., Ozek F., Wittig M. Analysis and Evaluation of Optimum Wavelengths for Free-Space Optical Transceivers. ITCON, 2010, Th. B3.1, - p. 1-7.

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ЕЕ КОМПОНЕНТОВ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОВЫШЕННЫХ СТАНДАРТОВ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА

Малахов А.В., старший преподаватель кафедры «Вычислительная техника» МГТУ МИРЭА

Сперанский О.А., к.т.н., заместитель начальника НИЧ МГТУ МИРЭА

Панов А.В., к.т.н., доцент кафедры «Интеллектуальные технологии и системы» МГТУ МИРЭА

Ethernet (латинск. *aether* – эфир) – пакетная технология компьютерных сетей. Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат пакетов и протоколы управления доступом к среде – на канальном уровне модели OSI. Ethernet в основном описывается стандартами IEEE группы 802.3.

Ethernet стал самой распространённой технологией ЛВС в середине 90-х годов прошлого века, вытеснив такие технологии, как Arcnet, FDDI и Token Ring.

Технология Ethernet была разработана вместе со многими первыми проектами корпорации Хероx PARC. Принято считать, что Ethernet был изобретён 22 мая 1973 года, когда Роберт Меткалф составил докладную записку для главы PARC о потенциале технологии Ethernet.

В настоящее время наибольшее применение находит схема со специальными многовходовыми повторителями-концентраторами (Hub) и подключением оконечного оборудования через скрученные пары. Этому способствует удешевление категоризованных скрученных пар, соответствующих повторителей, а также большая надёжность и лучшая ремонтоспособность таких сетей.

Если число ЭВМ подключённых к кабельному сегменту много меньше предельного, допускается использование и запредельных длин кабельных сегментов, но это не рекомендуется.

Пропускная способность сети с методом доступа csma/cd снижается по мере роста загрузки из-за увеличения вероятности столкновений. По этой причине даже использование 100-мегагерцного Ethernet не может гарантировать большей пропускной способности при условии высоких загрузок и, как следствие, высоких вероятностей столкновений.

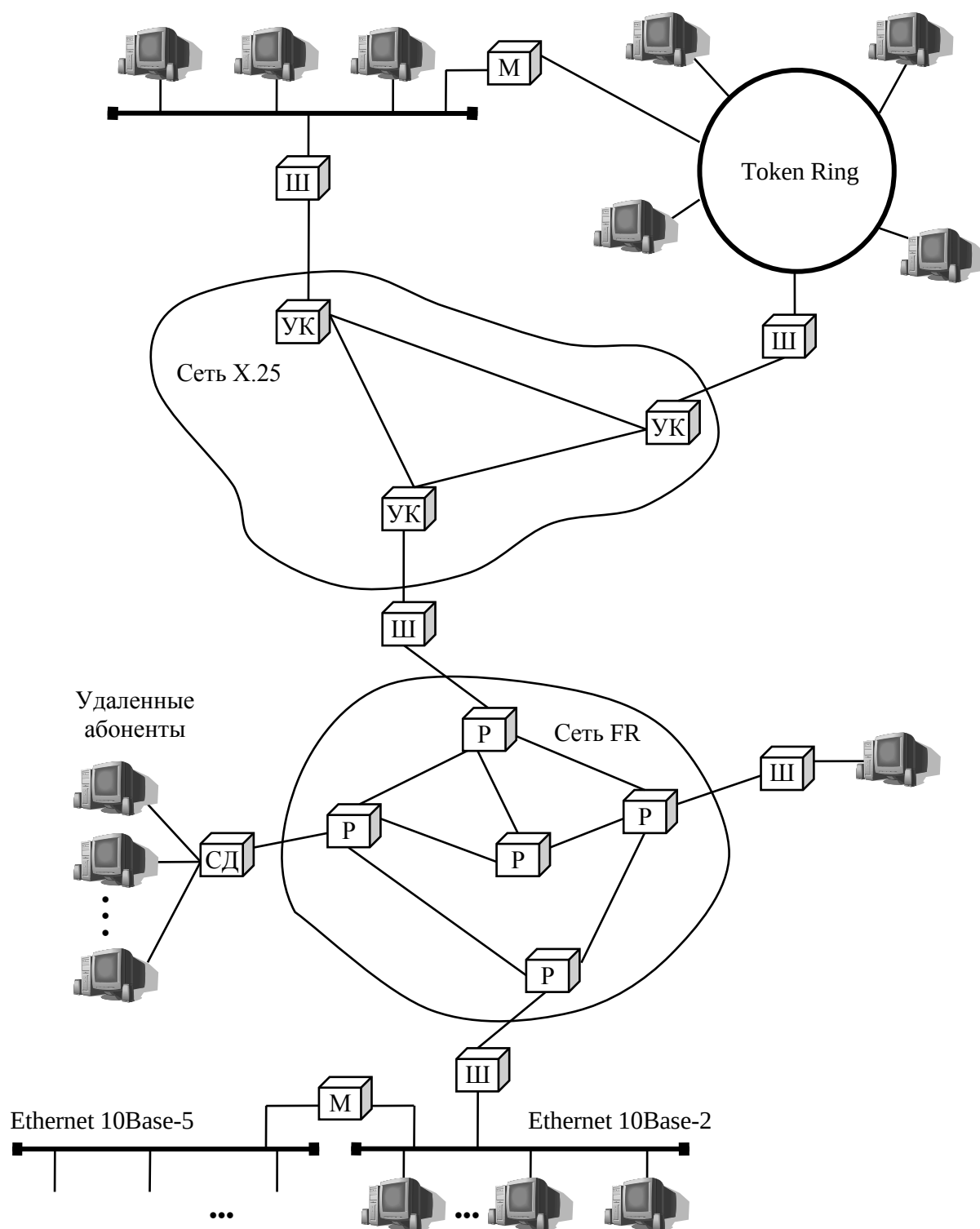


Рис. 1 Корпоративная сеть, где: **P** – маршрутизатор; **Ш** – шлюз; **П** – повторитель; **СД** – сервер доступа; **М** – мост; **УК** – узел коммутации.

Новый стандарт **10 Гигабит Ethernet** включает в себя семь стандартов физической среды для LAN, MAN и WAN. В настоящее время он описывается поправкой IEEE 802.3 и должен войти в следующую ревизию стандарта IEEE 802.3.

Стандарт 10 Гигабит Ethernet ещё слишком молод, поэтому потребуется время, чтобы понять, какие из вышеперечисленных стандартов передающих сред будут реально востребованы на рынке.

Корпоративной представляется компьютерная сеть (рис. 1), образованная путем объединения разнородных компьютерных сетей.

Развитие корпоративных сетей тесно связано с разработкой специальных средств комплексирования и межсетевых протоколов.

Комплексирование может осуществляться на различных уровнях **Эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС)**. В зависимости от уровня комплексирования и выполняемых функций различают: повторители, мосты, маршрутизаторы и шлюзы.

Глобальная сеть Internet – самая крупная и единственная в своем роде сеть в мире. Среди глобальных сетей она занимает уникальное положение. Правильнее ее рассматривать как некоторую надсеть – объединение многих сетей, сохраняющих самостоятельное значение. Действительно, Internet не имеет ни четко выраженного владельца, ни национальной принадлежности. Любая сеть может иметь связь с Internet и, следовательно, рассматриваться как ее часть, если в ней используются принятые для Internet протоколы TCP/IP или имеются конверторы в протоколы TCP/IP. Практически все сети национального и регионального масштабов имеют выход в Internet. Иерархическая архитектура Internet может быть представлена так (рис. 2):

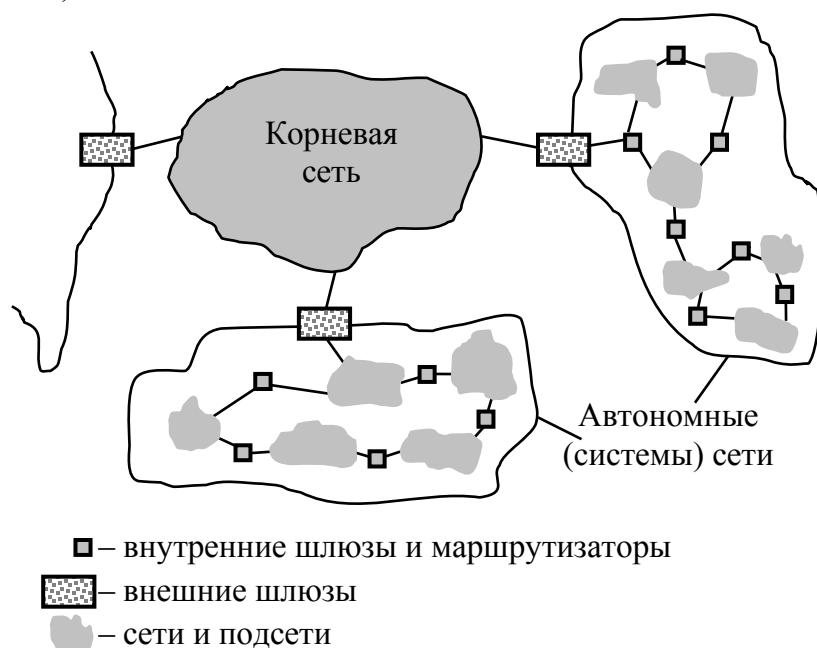


Рис. 2 Иерархическая структура территориальной сети

Внутри каждой автономной системы используется некоторый единый внутренний протокол маршрутизации, например IGP. Между AS маршрутизация подчиняется внешним протоколам, например EGP.

Основные услуги телекоммуникационных технологий – электронная почта, передача файлов, телеконференции, справочные службы (доски объявлений), видеоконференции, доступ к информационным ресурсам (информационным базам) сетевых серверов, мобильная сотовая связь, компьютерная телефония.

Как видно из вышесказанного, все веб-технологии тесно взаимосвязаны. Понимание этого факта позволит легче осознать назначение того или иного механизма, применяемого при создании веб-приложений.

Библиографический список

1. Храмцов П. Б., Брик С. А., Русак А. М., Сурин А. И. Основы web-технологий. – М.: Издательство «Интернет-университет информационных технологий – ИНТУИТ.ру», 2003.
2. Норенков И. П., Трудоношин В. А. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. Пескова С. А., Кузин А. В., Волков А. Н. Сети и телекоммуникации. – М.: Academia, 2006.
4. Семенов Ю.А. Протоколы Интернет. – М.: Горячая Линия–Телеком, 2005.

УДК: 621.391.14

КОРРЕКЦИЯ СТИРАНИЙ ПРИ ДВУМЕРНОМ КОДИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИИ

Салас Валор Нестор Альфредо, М.т.н., аспирант каф. СиУТ, Белорусский Государственный Университет Информатика и Радиоэлектроники, Беларусь.

Конопелько В.К., Д.т.н., профессор, Зав. каф. СиУТ, Белорусский Государственный Университет Информатика и Радиоэлектроники, Беларусь

В настоящее время одним из способов обойти так называемую «проблему селектора», возникающую при коррекции многократных ошибок при передаче данных по каналам связи, является организация информационных таблиц и их кодирование двумерным кодом, при котором информация по строкам кодируется одним кодом (C_1) и по столбцам другим кодом (C_2) (рис. 1).

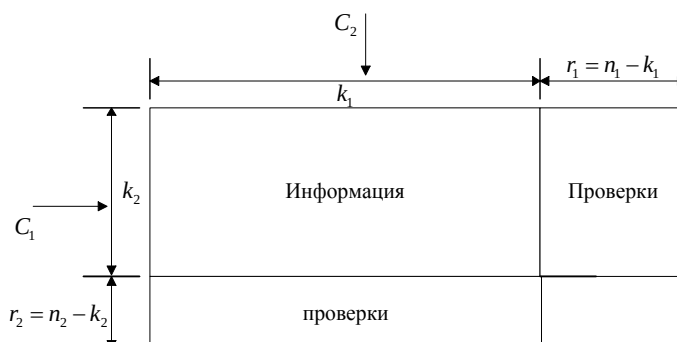


Рис. 1 Структурная схема двумерного кодера

Исправление ошибок при двумерном кодировании информации происходит, как правило, с использованием двухэтапного метода декодирования, сущность которого состоит в декодировании кода первой ступени C_1 по строкам, а затем кода второй ступени C_2 по столбцам. На первом этапе декодер исправляет небольшое число ошибок малой кратности и обнаруживает неисправляемые комбинации ошибок большой кратности. В случае обнаружения кодом C_1 неисправляемой комбинации ошибок все символы кодовых слов ошибочных строк помечаются как стирания. На втором этапе выполняется исправление стираний кодом C_2 [1].

Основным недостатком вышеописанного способа коррекции стираний является то, что при обнаружении ошибок первой ступенью декодирования и в случае обнаружения кодом C_1 неисправляемой комбинации ошибок все строки с ошибочными символами полностью стираются, в результате чего во второй ступени декодирования код C_2 должен выполнить исправление стираний во всех столбцах таблицы кодирования, несмотря на то, что только в некоторых разрядах имеются ошибочные символы, которые требуют коррекции. В результате чего, быстродействие алгоритма декодирования значительно снижается; за счет повторения процесса коррекции (декодирования) стираний кодом C_2 во всех столбцах таблицы кодирования информации.

При коррекции стираний кратности t_c при двумерном кодировании информационных таблиц известно местоположение стертых символов, и следовательно, при декодировании можно воспользоваться предложенной в [2] библиотекой образов ошибок. В данной библиотеке размещаются все возможные расположения случайных ошибок (образов) кратностью от $t = 2 \div 6$ в их сокращенной форме. В [2] было доказано, что число образов ошибок не зависит от длины кода, благодаря чему получается уменьшение числа селектируемых комбинаций при синдромном методе декодирования информации в пределах от $10^3 \div 10^{14}$ раз в зависимости от t . Это обеспечивает большой выигрыш в уменьшении сложности декодирующего устройства.

Библиотека образов ошибок может быть использована и при коррекции стираний при двумерном кодировании, когда известно их местоположение. Декодер стираний устанавливает к какому образу принадлежит данная комбинация стертых символов, число и местоположения согласованных и несогласованных стертых символов и выполнить их коррекцию.

На рис. 2 провиден библиотека образов случайных ошибок кратности $t_o = \{3; 2; 1\}$, из рисунка следует, что существуют только 6, 3 и 1 разных конфигураций трехкратных, двукратных и однократных ошибок в сокращенной библиотеке образов ошибок [2].

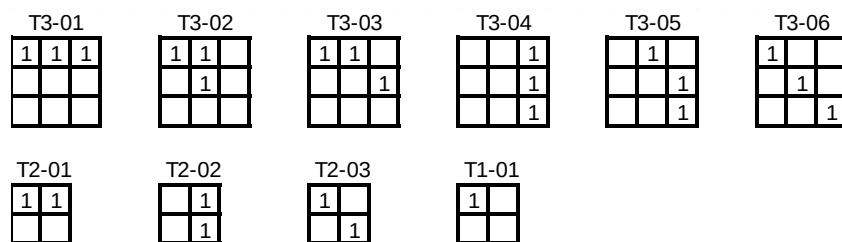


Рис. 2 Образы ошибок кратности $t_o = \{3; 2; 1\}$

Если все стертые символы – не согласованы, т.е. значения стертого символа не совпадает с их истинным состоянием, то образ стираний будет соответствовать одному из образов ошибок рис. 2, а в противном случае не все стертые символы – несогласованные, т.е. являются неискаженными. Таким образом, например, для образа трехкратных ошибок ТЗ-01 (рис.2), все возможные комбинации стертых символов приведены на рис. 3, где единичный «1» символ означает несогласованный стертый символ, а нулевой символ «0» – согласованный.

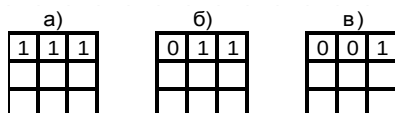


Рис. 3 Образы стираний для образа ошибок ТЗ-01

Из рис. 3 следует, что кроме анализа всех шести образов трехкратных несогласованных стираний, необходимо проанализировать также все возможные сочетания числа несогласованных стираний кратности меньше чем t_c .

Для распознавания вида образа всевозможных комбинации стираний, можно воспользоваться кодами для обнаружения несогласованных стираний (ошибок) путем формирования вектора идентификационных параметров $I = (w_1, w_2)$ где w_1 – число строк, содержащих несогласованные стирания, обнажаемые кодом C_1 , а w_2 – число столбцов, содержащих несогласованные стирания, обнажаемые кодом C_2 . Кроме того, по адресам стираний можно построить карту стирания, которая будет совпадать с образами ошибок. Из этой карты можно ввести дополнительные идентификационные параметры, такие как суммарное число стираний $I_2 = (w_3)$, суммарное число трехкратных, двукратных и однократных стираний по строкам и столбцам $I_3 = (w_4, w_5, w_6)$ и $I_4 = (w_7, w_8, w_9)$ соответственно.

В результате при декодировании информации инвертируются только те стертые символы, которые являются «несогласованными» согласно информации по идентификационным параметрам $I = (I_1, I_2, I_3, I_4)$. В таблице 1 приведены идентификационные параметры образов стираний рисунка 3, при равных кодовых расстояниях кодов C_1 и C_2 , $d_1 = d_2 = 2$.

Таблица 1. Идентификационные параметры образов трехкратных стираний

Образ	$I=((I_1),(I_2),(I_3),(I_4))$	Образ	$I=((I_1),(I_2),(I_3),(I_4))$	Образ	$I=((I_1),(I_2),(I_3),(I_4))$
$d_1=2, d_2=2$					
T3-01	(1,3),(3),(1,0,0), (0,0,3)	T3-02	(1,1),(3),(0,1,1), (0,1,1)	T3-03	(1,3),(3),(0,1,1), (0,0,3)
T3-04	(3,1),(3),(0,0,3), (1,0,0)	T3-05	(3,1),(3),(0,0,3), (0,1,1)	T3-06	(3,3),(3),(0,0,3), (0,0,3)
T2-01	(0,2),(2),(0,1,0), (0,0,2)	T2-02	(2,0),(2),(0,0,2), (0,1,0)	T2-03	(2,2),(2),(0,0,2), (0,0,2)
T1-01	(1,1),(1),(0,0,1), (0,0,1)				

Анализ данных таблицы 1 показал, что идентификационные параметры для образов стираний кратности $t_c = 3 \div 1$ все различны, когда стерты символы несогласованы. Следовательно, их можно скорректировать путем инвертирования.

Когда некоторые символы согласованы, анализ данных таблицы 1 показывает, что все идентификационные параметры для этих образов также различны. Поэтому их можно различать, и следовательно, корректировать тем или иным способом коррекции. Это позволяет реализовать достаточно простой декодер с высоким быстродействием.

Библиографический список

1. Фам, Хак Хоан. Декодирование табличных кодов путем идентификации весов ошибок / Фам Хак Хоан, В.К. Конопелько, А.Д. Тиволович // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных: материалы докл. Междунар. науч.-техн. семинара, Минск 1 января – 31 октября г. / Белорус. гос. ун-т информатики радиоэлектроники; редкол.: М.П. Батура [и др.] – Минск: БГУИР, 2007. – С. 3-8.

2. Конопелько, В.К. Алгоритмы вычисления классифицированных ошибок при двумерном кодировании информации / В.К. Конопелько, О.Г. Смолякова, Аль-Алем Ахмед Саид // Междунар. науч.-техн. конференция, посвященная 45-летию МРТИ-БГУИР: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 19 марта 2009 года. – Минск: БГУИР, 2009. – С. 71-72.

О ВЗАИМНЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВАХ НЕЛИНЕЙНЫХ В-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

*Стариковский А.И., к.т.н., профессор, Матронюк И.П., аспирант,
Московский государственный технический университет
радиотехники, электроники и автоматики, Россия.*

В настоящее время в радиоэлектронных системах различного назначения широко используются бинарные псевдослучайные последовательности.

По виду алгоритма формирования ПСП можно разделить на два класса:

- линейные ПСП;
- нелинейные ПСП.

Наиболее часто используются линейные последовательности. К ним относятся М-последовательности, последовательности Голда, последовательности Касами и ряд других.

Однако некоторые виды нелинейных последовательностей являются более привлекательными для использования, в частности семейства из $2^{n/2}$ бинарных нелинейных последовательностей периода $N=2^n-1$ [1-3]. В их основе лежат максимально нелинейные или Bent-функции. Поэтому данные последовательности также называют В-последовательностями. В-последовательности обладают следующими замечательными свойствами:

- Их периодические взаимно-корреляционные функции (ВКФ) и уровень боковых лепестков периодической автокорреляционной функции (АКФ) не превосходит величины $2^{n/2} + 1$, и при большом n достигает нижней границы Велча, равной $2^{n/2}$.

- Последовательности хорошо «сбалансированы», разность числа нулей и единиц в каждой последовательности равна 1.

- При генерировании В-последовательностей в пределах семейства просто осуществляется переход от одного вида последовательности к другому, легко осуществляется сдвиг по задержке.

- Эквивалентная длина линейного генератора ($L_{\text{э}}$), способного генерировать такую же В-последовательность, при $n > 4$ значительно превышает число элементов памяти n в линейном генераторе.

Периодические корреляционные свойства В-последовательностей известны, однако аperiodические корреляционные свойства таких последовательностей изучены мало.

Известно [4], что сигналы, у которых аperiodические КФ обладают малыми боковыми пиками, например М-последовательности, содержат число блоков $M_0=(N+1)/2$. Блоки, представляющие собой последователь-

ности одинаковых символов, могут быть единичными (состоять из одного символа), двойными (из двух символов) и т.д. Более того, не только для М-последовательностей, но вообще для двоичных последовательностей показано, что при числе блоков $M = M_0$ вероятность больших боковых пиков КФ минимальна. В соответствии с этим целесообразно выбор подходящих последовательностей дополнить отбором по числу блоков, т.е. считать пригодными те последовательности, у которых число блоков M близко M_0 .

В типичной случайной последовательности число символов должно удовлетворять соотношению:

$$N = \sum_{k=1}^{k_{max}} kV_k, \text{ где } \sum_{k=1}^{k_{max}} V_k = M, \text{ общее число блоков должно равняться}$$

$$M = M_0 = (N + 1) / 2, \quad (1)$$

а число блоков длиной k удовлетворять равенству

$$V_k = M_0 p_k = M_0 2^{-k}. \quad (2)$$

Здесь V_k - число блоков одинаковой длины k , k_{max} - длина максимального блока, $p_k = 1/2^k$ - вероятность появления блока длиной k .

Было исследовано соответствие свойств семейств В-последовательностей при $n=4$ и $n=8$ требованиям (1) и (2), предъявляемым к случайным последовательностям. Анализ показал, что математическое ожидание отклонения $M-M_0$ составляет 0,25 для $n=4$ и 0,5 для $n=8$, а математическое ожидание отклонения числа блоков одинаковой длины от расчетных значений равно 0,36 для $n=4$ и 0,25 для $n=8$. Малые значения отклонений M и V_k от оптимальных значений свидетельствует о близости свойств В-последовательностей случайным последовательностям даже при небольших n . Расчет аperiodических АКФ и ВКФ В-последовательностей для указанных семейств подтвердил этот вывод.

Библиографический список

1. Артамкин И.В., Стариковский А.И. Генерирование семейства нелинейных последовательностей// Известия ВУЗов СССР, сер. «Радиоэлектроника», том 29, № 9. - М.: 1986. - с. 46-52.
2. Стариковский А.И., Федоров В.Б., Парамонов А.А., Куликов Г.В. Нелинейные бинарные псевдослучайные последовательности// Научный вестник МИРЭА, №2(11) - М.: МИРЭА, 2011. - с. 46-50.
3. Стариковский А.И., Федоров В.Б., Парамонов А.А., Куликов Г.В. Семейства нелинейных бинарных псевдослучайных последовательностей: 7-я межд. конференция «Авиация и космонавтика-2008»:Тез докл.- М., МАИ-ПРИНТ, 2008. - с. 60-61.
4. Радиосистемы передачи информации: Учеб. пособие для вузов / В.А. Васин, В.В. Калмыков, Ю.Н. Себекин, и др. - М.: Горячая линия- Телеком, 2005. - с. 472

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРИЕМНИКА СИГНАЛОВ С НЕПРЕРЫВНОЙ ФАЗОЙ И ЦИКЛИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ИНДЕКСОМ МОДУЛЯЦИИ

Унгер А.Ю., ведущий инженер, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия.

Сигналы с непрерывной фазой и циклически изменяющимся индексом модуляции (ЦИИМ) [1] являются перспективными для использования в системах спутниковой, мобильной и радиорелейной связи. Несмотря на наличие эффективных и быстродействующих алгоритмов приема, широкому применению этих сигналов препятствует отсутствие надежных алгоритмов синхронизации. В настоящей работе исследуется система синхронизации, построенная на принципах теории оптимальной нелинейной фильтрации [2].

Представим процесс на входе приемника в виде аддитивной смеси полезного сигнала ЦИИМ $s(t)$ и белого шума $n(t)$ со спектральной плотностью мощности N_0 , записанных в комплексной форме

$$r(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} e^{j\Phi(t-\tau, \mathbf{C}_k, h_k)} e^{j\varphi} + n(t) \quad (1)$$

Здесь $\Phi(t, \mathbf{C}_k, h_k)$ – информационная составляющая фазы сигнала. В общем случае на каждом тактовом интервале сигнал ЦИИМ характеризуется двумя дискретными параметрами: $\mathbf{C}_k$ – кортеж всех переданных к текущему моменту информационных символов, h_k – текущий индекс модуляции, и двумя непрерывными: τ – задержка сигнала, φ – случайная начальная фаза. В дальнейшем будем рассматривать сигналы, индекс модуляции которых представляет собой набор рациональных чисел с общим знаменателем. Для таких сигналов существует фазовая решетка [1] с конечным числом возможных состояний на каждом тактовом интервале.

В работе [3] получены уравнения оптимальной фильтрации задержки и фазы сигнала ЦИИМ. Перепишем их, введя новые обозначения

$$\tau^* = K_\tau \sum_i p_i \times A_i \quad (2)$$

$$\varphi^* = K_\varphi \sum_i p_i \times B_i \quad (3)$$

Здесь K_τ , K_φ – коэффициенты усиления в цепях слежения за задержкой и фазой, соответственно, p_i – апостериорная вероятность i -го состояния сигнала, вычисленная к концу тактового интервала

$$p_i = \frac{p_{0i} \times \int_{kT+\tau^*}^{(k+1)T+\tau^*} F_i(t, \tau^*, \varphi^*) dt}{\sum_i p_{0i} \times \int_{kT+\tau^*}^{(k+1)T+\tau^*} F_i(t, \tau^*, \varphi^*) dt} \quad (4)$$

В этом выражении p_{0i} – априорная вероятность состояния сигнала в начале тактового интервала:

$$p_{0i} = \sum_j \pi_{ji} p_j \quad (5)$$

Здесь π_{ji} – матрица вероятностей перехода между состояниями. Важно отметить, что именно в выражении (5) содержится информация о порядке следования индексов модуляции сигнала ЦИИМ. Определим подынтегральную функцию в (4)

$$F_i(t, \tau^*, \varphi^*) = \frac{1}{N_0} \operatorname{Re} \left[r(t) \overline{s_i(t, \tau^*, \varphi^*)} \right] \quad (6)$$

Здесь $\overline{s_i(t, \tau^*, \varphi^*)}$ – комплексно-сопряженный опорный сигнал ЦИИМ, соответствующий i -му состоянию. Выпишем выражения для A_i и B_i

$$A_i = \int_{kT+\tau^*}^{(k+1)T+\tau^*} \frac{\partial F_i(t, \tau^*, \varphi^*)}{\partial \tau^*} dt \quad (7)$$

$$B_i = \int_{kT+\tau^*}^{(k+1)T+\tau^*} \frac{\partial F_i(t, \tau^*, \varphi^*)}{\partial \varphi^*} dt \quad (8)$$

В работе [3] приведены дискриминационные характеристики системы тактовой синхронизации и фазовой автоподстройки, указывающие на то, что выражения (2) и (3) позволяют адекватно оценить задержку и фазу сигнала. Воспользуемся этим и построим замкнутую модель системы синхронизации (рис. 1), позволяющую детально исследовать процессы подстройки задержки и фазы.

Опишем условия моделирования. На вход системы синхронизации поступает зашумленный сигнал ЦИИМ в виде последовательности отсчетов, взятых с частотой дискретизации $1/T_s = N/T$. Каждый отсчет перемножается с отсчетами всех опорных сигналов, сдвинутых во времени относительно входного сигнала на величину задержки τ . Если N достаточно велико, минимальную ошибку синхронизации T/N можно считать пренебрежимо малой, что позволяет представить процесс подстройки задержки следующим образом. Последовательность отсчетов входного сигнала сохраняется в элементе задержки с декрементным доступом. В конце каждого тактового интервала согласно выражению (2) вычисляется оценка задержки. В зависимости от ее величины и знака текущий отсчет входного сигнала может дублироваться или удаляться.

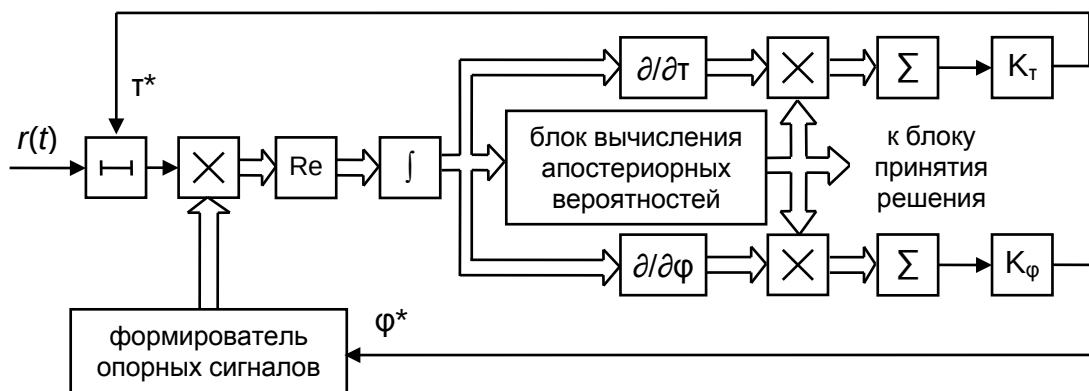


Рис. 1 Система синхронизации приемника сигнала ЦИИМ

На рис. 2. изображен процесс подстройки задержки во времени для сигнала ЦИИМ с двумя индексами модуляции $\{2/4, 3/4\}$ с полным откликом и прямоугольным частотным импульсом. Моделирование проводилось при отношении сигнал/шум 10 дБ и начальной задержке сигнала $0,5T$.

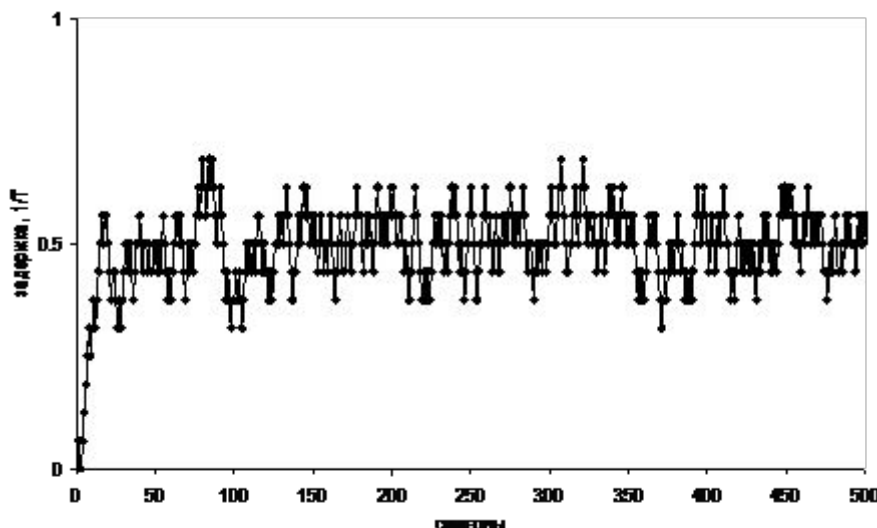


Рис. 2 Оценка задержки. $N = 16$

Из графика видно, что математическое ожидание оценки задержки соответствует истинной величине задержки, а среднеквадратическое отклонение не превышает минимальной ошибки синхронизации. Время вхождения в синхронизм составляет не более $50T$ с.

До сих пор предполагалось, что начальная фаза сигнала – случайная постоянная величина. Однако выражение (3) справедливо и в случае, если непрерывный параметр незначительно изменяется на длительности тактового интервала. Представим начальную фазу винеровским процессом

$$\frac{d\phi}{dt} = n_{\phi}(t)$$

которому в дискретном времени соответствует разностное уравнение

$$\begin{cases} \varphi_0 = 0 \\ \varphi_i = \varphi_{i-1} + N(0, \sigma^2) \end{cases} \quad (9)$$

Здесь $N(0, \sigma^2)$ – нормальная случайная величина. На рис. 3 представлен график динамики начальной фазы сигнала и ее оценки. Параметры моделирования совпадают с приведенными выше, начальная фаза сигнала $\varphi_0 = 15$ град, дисперсия $\sigma^2 = 0,01$ рад².

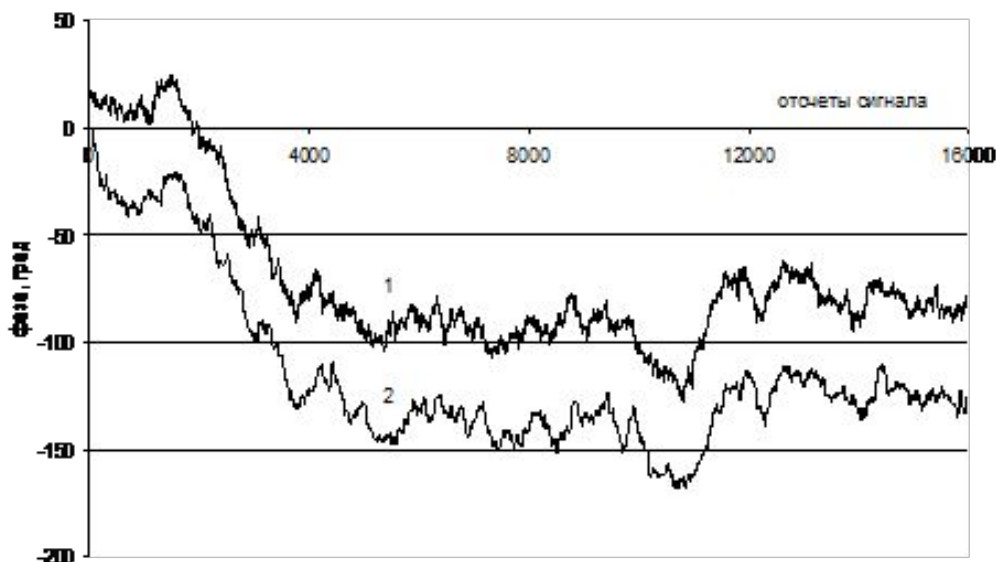


Рис. 3 Динамика начальной фазы: 1 – фаза входного сигнала, 2 – фаза опорных сигналов

Рис. 3 демонстрирует особенность полученной системы фазовой синхронизации восстанавливать фазу сигнала с точностью до расстояния между узлами фазовой решетки. В данном случае среднее расстояние между кривыми 1 и 2 составляет 45 град, что соответствует расстоянию между смежными узлами фазовой решетки сигнала ЦИИМ {2/4, 3/4}.

Библиографический список

1. Емельянов П.В., Парамонов А.А. Дискретные сигналы с непрерывной фазой // Зарубежная радиоэлектроника, 1990, № 12. – с. 17-34.
2. Тихонов В.И., Кульман Н.К. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. - М.: Сов. радио, 1975.
3. Унгер А.Ю. Синхронизация приемников сигналов с циклически изменяющимся индексом модуляции // Сб. ст. II международной научно-технической конференции. Ч. 3. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2012. – с. 311-318.

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМЫ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

*Абоелазм М.А.А., Харитонов А.Ю., Юрков М.В., Богачев В.Н.,
Шепелева А.Н., аспиранты кафедры телекоммуникационных систем,
МГТУ МИРЭА, Россия*

Известно, что приемники в программно-управляемых системах радиосвязи (ПУР) имеют ряд преимуществ перед традиционными приемниками, которые используют либо аналоговые компоненты, либо специализированные интегральные схемы, либо другие определенные цифровые аппаратные средства [1-6]. Программно-управляемые системы можно динамически перепрограммировать для того, чтобы работать с различными помехами в среде и обновляться.

Появление компактных компьютеров позволяет использовать хорошо известные результаты статистического обнаружения и оценивания, а также теории контроля для разработки антенн системы радиосвязи в виде фазированной антенной решетки (ФАР), которая автоматически реагирует на любое изменение сигнала в окружающей среде. Прием сигнала с использованием ФАР имеет привлекательное решение серьезных проблем обнаружения и оценивания сигнала в сложной электромагнитной обстановке. ФАР предлагает электронный способ сканирования и сужения ширины диаграммы направленности по сравнению со случаем использования обычной одиночной антенны для приема и передачи [1-7]. В подвижных системах радиосвязи используют адаптивную или интеллектуальную ФАР (АФАР). Большинство АФАР систем связи имеют множество как специфических ограничений, так и возможностей. Некоторые важные ограничения подвижных программно-управляемых систем радиосвязи: требуемая ширина спектра принятых сигналов и возможность анализа их содержания на этапе постобработки [1-7]. Цель настоящей статьи является построение программно-управляемой системы радиосвязи, которая использует множество разработанных алгоритмов для осуществления трех основных процессов на принятые сигналы в системах с АФАР. Это процессы:

- оценивание направления прихода (НП) сигналов на основе циклического алгоритма [8-10];
- подавление интерференционных сигналов и одновременное извлечение полезного сигнала с использованием минимальной дисперсии и алгоритма разделения, с помощью которого возможно формирование нуля или минимума в диаграмме направленности коррелированных и некоррелированных интерференционных сигналов при условии, что их НП известно [8,10];
- распознавание модуляции полезного сигнала с использованием алгоритма, который основан на анализе созвездия кодирования-модуляции,

как надежное распознавание одного тона сигналов с цифровой модуляцией (многоуровневая АМн, многоуровневая ФМн, и многоуровневая QuAM), а также надежное распознавание их типа кодирования-модуляции для того, чтобы сделать соответствующую обработку [4]. Эта обработка варьируется среди анализа сигнала, мониторинга, активной помехи и т.д. Предлагаемая ПУР системы показана на рис. 1.

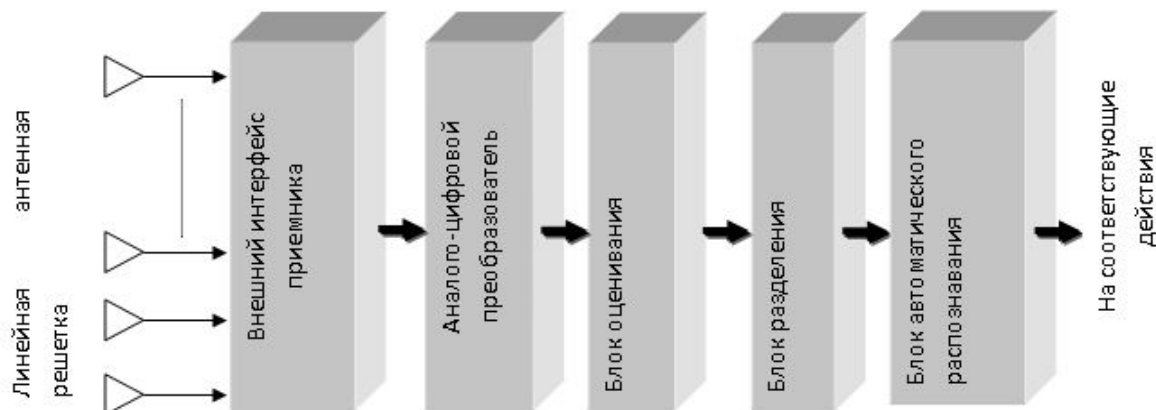


Рис.1 Функциональная схема предлагаемой ПУР

Функциональная схема предлагаемой ПУР системы [6,3] показана на рис.1. ПУР системы состоит из пяти основных блоков: внешний интерфейс использован для преобразования радиочастотного (РЧ) колебания в промежуточную частоту (ПЧ). Аналого-цифровой преобразователь используется для преобразования аналогового сигнала в цифровой с должной частотой дискретизации. После преобразования, принятые сигналы с антенными элементами решетки используются для формирования входной ковариационной матрицы, которая показывает корреляцию между принятыми сигналами. Блок оценивания использует эту матрицу для оценки НП полезного сигнала и интерференционных сигналов. После того блок разделения использует эти НП для вычисления оптимальных весовых коэффициентов, которые контролируют диаграмму направленности ПУР для извлечения ПС и одновременно формирования нуля в НП интерференционных сигналов. И наконец, блок автоматического распознавания модуляции обрабатывает принятый сигнал для того, чтобы принять решение о ее типе.

Моделирование тестовых сигналов и параметров системы

Поскольку предлагаемый подход распознавания модуляции используется только для цифровых радиосигналов с одиночной несущей, то создаются групповые тестовые сигналы из этих типов с целью интегрировать моделирование работы по всей ПУР системы. Согласно спецификациям приемника, радиосигнал преобразуется «вниз» в ПЧ с частотой 150 кГц. При этом частота дискретизации, равна 1,5 МГц. Продолжительность модулирующей цифровой символьной последовательности выбирается равной 1,707 мс (что эквивалентно $N = 2048$ дискретов). Модулированные сигналы, как предполагается, имеют одинаковую несущую частоту и с

равными мощностями, которая составляет 10 дБ относительно фона аддитивного белого гауссовского шума и отношением сигнал/шум $S/N = -3$ дБ. Более того, в циклическом алгоритме, предполагается, что циклическая частота сигнала и его оптимальная временная длительность, при которой циклическая корреляция достигает своего максимума, известны или оценены [1,3,6].

Использованная АФАР состоит из 11 элементов неоднородной линейной решетки со следующими расстояния между элементами [-7,5 -6,3, -5, -3,47, -1,55, -1,17, 0,24, 4,33, 5, 6,5, 7,3]. Эти расстояния вычислены относительно длины волны несущей частоты ПС. Вся система моделируется с помощью программного обеспечения MATLAB Ver.6.3.

Библиографический список

1. Борисов В.И., Лимарев В.М., Шестопалов В.И. Помехозащитность систем радиосвязи, IEEE Signal Processing Magazine, Радио-Софт, 2011.
2. Нефедов В.И., Сигов А.С. Основы радиоэлектроники и связи. -М.: Высшая школа, 2009
4. S. Naidu, Prabhaker, «Sensor Array Signal Processing». CRC Press, 2001.
5. Hung Chin Tan, Carlos Edgar, Kei Sakaguchi, Jun-ichi Araki, "DOA based Signal Combining aided Automatic Modulation Recognition/ Demodulation Algorithm for Surveillance System", pp 541, Proceeding of The 2001 Communications Society Conference of IEICE.
6. Hung Chin Tan, Carlos Edgar, Kei Sakaguchi, Jun-ichi Araki, "DOA based Signal Combining aided Automatic Modulation Recognition/ Demodulation Algorithm for Surveillance System", pp 541, Proceeding of The 2001 Communications Society Conference of IEICE.
7. Tsuji, Xin, Yoshimoto, "Detection of Direction and Number of Impinging Signals in Array Antennas Using Cyclostationarity," Electronics and Communications in Japan, Part 1, Vol. 82, No. 10, 1999.
8. Tsuji, Xin, Yoshimoto, "Detection of Direction and Number of Impinging Signals in Array Antennas Using Cyclostationarity," Electronics and Communications in Japan, Part 1, Vol. 82, No. 10, 1999.
9. Joseph C. Liberi, "Smart Antennas for Wireless Communications", Prentice Hall, pp.255-270, 1999.
10. Гормаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи.-М.:Эко-Трендз, 1998.
11. Ta .Sung Lee, "Coherent Interference Suppression With complementally Transformed Adaptive Beamformer ", IEEE transactions Antenna and Propagation, Vol.46, No.5, pp.609-617, May 1998.
12. G.Xu and T. Kailath, "Direction of arrival Estimation via Exploitation of cyclostationarity–A combination of temporal and Spatial processing", IEEE Transactions on Signal Processing, July 1992.
13. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. -М.: Радио и связь, 1972.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ СИГНАЛОВ В КАНАЛЕ СВЯЗИ

Батенков К. А., к. т. н., докторант, Академия ФСО России, г. Орёл

Представления преобразований в канале связи достаточно хорошо укладываются в рамки теории сигналов [1], согласно которой пространственная, частотная и временная составляющие ресурса канала задают измерения пространств сигналов на входе и выходе, представленных в виде случайных процессов. Поскольку используемые для описания линейных систем операторы преобразований являются также линейными, то они подчиняются принципу суперпозиции и однородности [2]. Данное обстоятельство позволяет интерпретировать сигналы на входе и выходе в рамках некоторых метрических пространств с заданными базисами:

$$x(t, \mathbf{r}) = \int \int_{t' \mathbf{r}'} \tilde{x}(t', \mathbf{r}') \varphi(t, \mathbf{r}, t', \mathbf{r}') dt' d\mathbf{r}', \quad (1)$$

$$z(t', \mathbf{r}') = \int \int_{t \mathbf{r}} \tilde{z}(t, \mathbf{r}) \varphi'(t', \mathbf{r}', t, \mathbf{r}) dt d\mathbf{r}, \quad (2)$$

где $\tilde{x}(t', \mathbf{r}')$, $\tilde{z}(t, \mathbf{r})$ – входные и выходные функции разложения соответственно;

$\varphi(t, \mathbf{r}, t', \mathbf{r}')$, $\varphi'(t', \mathbf{r}', t, \mathbf{r})$ – входные и выходные базисные функции соответственно.

При данном представлении возможно взаимнооднозначно сопоставить входным базисным функциям выходные, в виде реакций канала связи на первые из них:

$$\varphi'(t', \mathbf{r}', t, \mathbf{r}) = H' \{ \varphi(t, \mathbf{r}, t', \mathbf{r}') \}. \quad (3)$$

Тогда выходной сигнал представим в виде разложения, в котором базисом выступает реакция (3), а функциями разложения входные функции разложения сигнала, то есть $\tilde{z}(t, \mathbf{r}) = \tilde{x}(t, \mathbf{r})$:

$$z(t', \mathbf{r}') = \int \int_{t \mathbf{r}} \tilde{x}(t, \mathbf{r}) H' \{ \varphi(t, \mathbf{r}, t', \mathbf{r}') \} dt d\mathbf{r}. \quad (4)$$

Если же выбор базисов произволен, причем не обязательно входные и выходные базисные функции совпадают, что соответствует ситуации смешанных базисов, то оператор преобразования в канале связи имеет вид [1]:

$$\tilde{z}(t, \mathbf{r}) = \int \int_{t' \mathbf{r}'} K(t, \mathbf{r}, t', \mathbf{r}') \tilde{x}(t', \mathbf{r}') dt' d\mathbf{r}', \quad (5)$$

где ядро интегрального преобразования, по сути являющееся системной характеристикой канала:

$$K(t, \mathbf{r}, t', \mathbf{r}') = \int \int_{t'' \mathbf{r}''} \varphi'^{-1}(t', \mathbf{r}', t'', \mathbf{r}'') H' \{ \varphi(t'', \mathbf{r}'', t, \mathbf{r}) \} dt'' d\mathbf{r}'', \quad (6)$$

определяется на основе сопряженных выходных базисных функций $\varphi'^{-1}(t', \mathbf{r}', t'', \mathbf{r}'')$, удовлетворяющих условию ортогональности:

$$\int \int_{t'' \mathbf{r}''} \varphi'(t, \mathbf{r}, t'', \mathbf{r}'') \varphi'^{-1}(t'', \mathbf{r}'', t', \mathbf{r}') dt'' d\mathbf{r}'' = \delta(t - t', \mathbf{r} - \mathbf{r}'). \quad (7)$$

Таким образом, представление как сигналов, так и преобразований в канале связи может быть различна, и задается в первую очередь базисными ядрами метрических пространств в рамках которых рассматриваются исследуемые каналы связи. Кроме того, сравнение выражений (4) и (5) позволяет сделать вывод о возможности представления сигнала на выходе линейного канала связи в виде свертки системной характеристики канала и входного сигнала вне зависимости от выбора формы базисов, а точнее – на основе функций разложения сигнала, что позволяет рассматривать выходной сигнал в виде разложения в базисе системной характеристики.

Так, для интегрального преобразования в качестве входного используется базис многомерных дельта-функций Дирака:

$$\varphi(t, \mathbf{r}, t', \mathbf{r}') = \delta(t - t', \mathbf{r} - \mathbf{r}'). \quad (8)$$

В результате входной сигнал представим в виде интегрального преобразования (1), в котором функциями разложения является сам исходный входной сигнал ($\tilde{x}(t', \mathbf{r}') = x(t', \mathbf{r}')$):

$$x(t, \mathbf{r}) = \int \int_{t' \mathbf{r}'} x(t', \mathbf{r}') \delta(t - t', \mathbf{r} - \mathbf{r}') dt' d\mathbf{r}'. \quad (9)$$

Выходной же базис оказывается реакцией (3), представляющей собой импульсную характеристику канала:

$$\varphi'(t', \mathbf{r}', t, \mathbf{r}) = h(t', \mathbf{r}', t, \mathbf{r}), \quad (10)$$

что делает состоятельным изображение выходного сигнала в виде интегрального преобразования без учета начального состояния канала связи $h_0(t', \mathbf{r}')$.

При использовании в качестве входного базиса многомерных функций единичного скачка (включения) Хэвисайда:

$$\varphi(t, \mathbf{r}, t', \mathbf{r}') = \sigma(t - t', \mathbf{r} - \mathbf{r}'), \quad (11)$$

входной сигнал представляется в виде преобразования (1):

$$x(t, \mathbf{r}) = x(0, \mathbf{0}_n) \sigma(t, \mathbf{r}) + \int \int_{t \mathbf{r}} \frac{\partial^{n+1} x(t', \mathbf{r}')}{\partial t' \prod_{i=1}^n \partial r_i'} \sigma(t - t', \mathbf{r} - \mathbf{r}') dt' d\mathbf{r}'. \quad (12)$$

Таким образом, функциями разложения оказываются смешанные производные $\tilde{x}(t', \mathbf{r}') = \frac{\partial^{n+1} x(t', \mathbf{r}')}{\partial t' \prod_{i=1}^n \partial r_i'}$, с учетом их вырожденности для постоянной составляющей (первого слагаемого). Выходной же базис представляет собой реакцию (3) и имеет вид переходной характеристики:

$$\varphi'(t', \mathbf{r}', t, \mathbf{r}) = g(t', \mathbf{r}', t, \mathbf{r}). \quad (13)$$

Следовательно, оператор преобразования полезной составляющей в канале связи H' соответствует представлению выходного сигнала в базисе переходных характеристик без учета начального состояния канала связи $h_0(t', \mathbf{r}')$.

По аналогии подобные представления можно получить и для дифференциальных операторов, с той лишь разницей, что выходной сигнал представляется в виде интегрального преобразования, базисом которого будут служить функции, построенные на основе коэффициентов линейного дифференциального уравнения. Однако поскольку данное преобразование, по сути, является решением некоторого дифференциального уравнения, то получить его в явном виде возможно только в ряде частных случаев. Тем не менее, и в этой ситуации целесообразно рассматривать входные и выходные сигналы как элементы метрических пространств с соответствующими базисами, а следовательно характеризовать канал связи с позиции пространственно-частотно-временного ресурса.

В принципе сопоставление входного базисов с выходным возможно и в случае нелинейных операторов, однако подобное сопоставление уже называть взаимнооднозначным нельзя, опять же вследствие невыполнимости принципа суперпозиции. Кроме того, в ряде задач синтеза и анализа целесообразно рассматривать входные и выходные базисные функции не как реакции одних на другие. Например, частотное описание входных сигналов и временное выходных (гармонический и базис дельта-функций) является предпочтительным для анализа систем с изменяющимися во времени параметрами [1]. Таким образом, в общем случае необходимо рассматривать смешанные базисы для входных и выходных сигналов, причем закон их соответствия должен являться следствием решения поставленной задачи, а не исходными данными.

Следует также отметить, что по мимо интегральных представлений, использующих в качестве базисных ядер дельта-функции (8) и функции единичного скачка (11), возможны также другие виды преобразований, например Фурье, Лапласа, Френеля, Меллина и др. Их применение определяется в первую очередь удобством описания преобразований пространственно-временных сигналов линейными системами.

Библиографический список

1. Френкс Л. Теория сигналов: Пер. с англ. – М.: Советское радио, 1974. – с. 344.
2. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Радио и связь, 1989. – с. 656.

НОВОЕ УЧЕБНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОМПАНИИ K&H ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ «ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И СВЯЗЬ» И «КОММУНИКАЦИИ И СЕТИ»

СЕ ПЭЙ-ШАНЬ, K&H MFG. CO., LTD., Тайвань

Новейшие технологии и система менеджмента качества позволили компании K&H MFG. CO., LTD, с момента своего основания в 1979 году в г.Тайпей стать лидером по производству и поставкам современных учебных систем на образовательном рынке Тайваня.

Сегодня мы предлагаем широкий ассортимент продукции от макетов и контрольно-измерительных приборов до разнообразного электронного, электрического и механического учебного оборудования, а также ряд тренажеров и стендов для изучения коммуникаций и сетей, телекоммуникаций и связи, микроэлектроники, электроники, биомедицины, промышленного управления, электрических машин (силовой электроники) двигателестроения, холодильной техники (кондиционирования воздуха), автоматического управления, автомобильных систем, зеленой энергии.

Тренажерами для изучения дисциплин по направлениям подготовки студентов «Телекоммуникации и связь» и «Коммуникации и сети» является оборудование KL-900A, KL-900B, KL-900C, KL-900D, KL-910, KL-920, ITS-101A, CIC-700.

В состав учебного стенда «Основы телекоммуникационной техники» KL-900A входят несложные модули для выполнения экспериментов по изучению основных принципов работы телекоммуникационного оборудования. Учебные модули предназначены для наглядной демонстрации основных понятий в области передачи данных и для ознакомления с принципами работы телекоммуникационного оборудования.

Учебный стенд модели KL-900B для изучения аналоговых устройств радиосвязи позволяет ознакомиться с принципами работы портативной радиостанции, работающей в УКВ-диапазоне на частоте 144 МГц. Электрическая схема портативной радиостанции состоит из 4 блоков: приемника, передатчика, усилителя звуковой частоты и микрофонного предусилителя. Принципиальная схема УКВ-трансивера нанесена на панели учебного стенда, что позволяет значительно облегчить изучение принципов работы портативной радиостанции и улучшить восприятие учебного материала.

Система передатчика и приемника АМ/ЧМ KL-900C является многофункциональной автономной системой, предназначенной для демонстрации передачи АМ и ЧМ сигналов. Система состоит из четырех отдельных модулей – модулей передатчика АМ и приемника ЧМ и модулей передатчика ЧМ и приемника АМ. Также имеется новая версия KL-900C - система

передатчика и приемника АМ/ЧМ/АМн/ЧМн. Она предназначена для проведения экспериментов по передаче АМ/АМн и ЧМ/ЧМн сигналов. Новая версия KL-900С содержит восемь отдельных модулей передатчика и приемника АМ, ЧМ, АМн/АМ и ЧМн/ЧМ.

В KL-900D волоконная оптика используется в качестве среды связи в ходе всего эксперимента. Студенты получают четкое понимание принципа работы волоконно-оптической связи благодаря тому, что в учебной системе предусмотрены четыре способа передачи данных (передача внутри модуля, передача от модуля к модулю, передача ПК-модуль и передача модуль-ПК) и разные способы модуляции/демодуляции (CVSD – дельта-модуляция с непрерывно меняющейся крутизной, ЧМн – частотная манипуляция и др.).

KL-910 представляет собой модульный тренажер, позволяющий проводить разнообразные эксперименты в области связи, включая цифровое кодирование/декодирование, вычислительную обработку и связанные с ними методы уплотнения, и предназначена для соединения теории и практики в области современных систем связи.

KL-920 применяется с быстродействующими устройствами MCU, DSP и FPGA высокой гибкости, обеспечивая студентам больше возможностей для настройки и наблюдения цифровых сигналов данных на каждой передаче. Учебные темы включают передачу АМн/ЧМн сигналов в беспроводном диапазоне ISM, кодек с прямой коррекцией ошибок (FEC) (блочный и сверточный коды), форматирование цифровых данных (преамбула, ID, FEC и CRC), манчестерское кодирование, транспортировочный кадр SONET (STS-1 и STM-1), TDMA, ИКМ, TDM, DSSS, CDMA, цифровой фильтр и др.

Серия ITS-101A предназначена для изучения ключевой технологией интернета является пакет протоколов TCP/IP. Знание пакета протоколов TCP/IP критично для пользователей интернета любого уровня, оно способствует более эффективному использованию интернета. Протокол TCP/IP имеет семь уровней, второй, третий и четвертый из которых играют ключевую роль в ядрах таких операционных систем, как Linux и Windows, и являются сложными для понимания. Учебная система Интернета по протоколу TCP/IP ITS-101A не только определяет внутренний механизм программного обеспечения протокола TCP/IP, но и предоставляет способы модификации поведения ПО протокола TCP/IP для экспериментальных нужд.

Технология сетевого контроля LonWorks от «Echelon» создает новое поколение сетевого контроля. Обучающая система сетевого контроля CIC-700 LonWorks помогает студентам ускорить освоение этой популярной тенденции. Она не только помогает студентам понять новую теорию сети управления, но и предоставляет множество возможностей для проведения экспериментов, чтобы освоить использование новой технологии.

Библиографический список

1. <http://www.kandh.com.tw/py/>

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ, ИЗМЕРЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

*Тарасов И.Е., Ушаков А.В., Борец Б.Е., Круглов К.И., Иванов С.А.,
Кругликов А.П., Кафедра телекоммуникационных систем,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Современные системы радиосвязи, измерения и управления должны отвечать целому комплексу требований, затрагивающих различные аспекты их проектирования, производства и эксплуатации. К числу наиболее важных можно отнести скорость, дальность и надежность передачи данных, которые характеризуют потребительские свойства системы связи. Кроме того, важную роль играют такие показатели, как энергопотребление, занимаемая частотная полоса, массогабаритные параметры, стоимость и т.д. Для этих целей активно используются микроэлектронные устройства для сбора, передачи и обработки информации. Как следствие постоянного развития технологической базы микроэлектроники наблюдаются следующие направления:

- увеличение частоты дискретизации и разрядности АЦП;
- увеличение производительности вычислительных устройств;
- увеличение функциональности и пропускной способности коммуникационных устройств;
- уменьшение потребляемой мощности и габаритов;
- распространение устройств класса «система на кристалле» и «интеллектуальный датчик».

В свою очередь в области развития микроэлектроники можно надо подчеркнуть такие тенденции:

- повышение степени интеграции компонентов на кристалле;
- повышение тактовых частот вычислительных компонентов;
- запаздывание роста коммуникационных возможностей скоростных интерфейсов относительно производительности полупроводникового кристалла;
- высокая стоимость подготовки производства новой элементной базы.

Рассматривая совместно количественные характеристики производительности вычислений современных СБИС и их коммуникационные возможности, можно отметить [1], что при реализации интегральных микросхем пропускная способность их интерфейсов растет пропорционально размерам кристалла, тогда как производительность вычислений – пропор-

ционально квадрату линейных размеров. Это обуславливает предпочтительную ориентацию СБИС со сверхвысокой степенью интеграции компонентов на массово-параллельные алгоритмы вычислений, при которых над одним потоком данных производится большое количество операций, что позволяет ограничить их объем, передаваемых по внешним интерфейсам.

Снижение стоимости цифровых интегральных микросхем позволяет расширить сферы их применения в приборостроении, в частности, для улучшения метрологических характеристик измерительных и управляющих систем за счет статистической обработки данных, поступающих от чувствительных элементов измерительных систем и датчиков сигналов обратной связи в системах автоматизированного управления. Повышение производительности вычислений, обеспечиваемое современной элементной базой, позволяет применять в таких системах более ресурсоемкие методы обработки данных, такие как метод статистической обработки с использованием функций плотности распределения вероятности с переменным масштабом [2]. Его отличительной особенностью является ввод независимого параметра «масштаб функции плотности распределения вероятности ошибки». В рамках этого метода анализ статистической выборки заменяется синтезом параметров такого источника, который мог бы сформировать такую выборку. Возможные варианты результатов обработки представляются как гипотезы (в соответствии с формулировкой теоремы Байеса).

$$f_A(x, \sigma) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P(x_k | x_{\text{ист}}, \sigma), \quad (1)$$

где $f_A(x, \sigma)$ – апостериорная вероятность наличия гипотезы $x_{\text{ист}} = x$;
 $P(x_k | x_{\text{ист}}, \sigma)$ – условная вероятность появления результата измерения;
 N – объем выборки.

Можно сопоставить (1) с выражением для вычисления вейвлет-плотности

$$W(x, a) = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{+\infty} \psi\left(\frac{x-t}{a}\right) dt, \quad (2)$$

где a – масштаб вейвлет-функции $\psi(x)$.

Несмотря на схожесть подходов в (1) и (2), преобразование (1) не преследует цель разложения произвольной функции на составляющие в некотором базисе, как это делается в вейвлет-анализе. Вместо этого получаемая функция апостериорной вероятности является результатом сложения конечного числа вероятностных распределений, строящихся на основании анализируемой выборки. Также можно указать на различия в требованиях к функциям, формирующим базис разложения в вейвлет-анализе и используемым в статистическом анализе по представленному методу.

Для вейвлет-функции требуется выполнение условий:

$$\begin{aligned}
\lim_{x \rightarrow \infty} \psi(x) &= 0, \\
\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(x) dx &= 0, \\
\psi(x) &\in L^2(R).
\end{aligned} \tag{3}$$

То есть вейвлет-функция представляет собой функцию колебаний с компактным носителем, имеющую конечную энергию. В то же время к функциям плотности вероятности предъявляются иные требования:

$$\begin{aligned}
\lim_{x \rightarrow \infty} P(x) &= 0 \\
P(x) &\geq 0 \\
\int_{-\infty}^{+\infty} P(x) dx &= 1 \\
P(x) &\in L(R)
\end{aligned} \tag{4}$$

Важным отличием от вейвлет-анализа (или, в более общем случае, от кратно-масштабного анализа) является принадлежность функций плотности вероятности к классу $L(R)$, то есть вместо функций конечной энергии используются неотрицательные интегрируемые функции, причем равенство интеграла в бесконечных пределах единице является следствием условия единичной вероятности полной группы событий.

В [2] также показано, что оценка по моде апостериорной вероятности обладает высокой помехоустойчивостью при наличии в анализируемой выборке отклонений от симметричного закона распределения ошибки. Основаниями для применения статистической обработки с использованием функций распределения вероятности ошибки с переменным масштабом являются:

- для измерительных систем:
 - малый объем выборки (6...30);
 - наличие в выборке импульсных помех и выбросов;
 - проведение измерений путем определения параметров зависимости, приближающей экспериментальные данные.
- для управляющих систем:
 - необходимость идентификации объекта управления;
 - формирование сигналов обратной связи по результатам анализа параметров зависимости, приближающей результаты измерений в канале обратной связи.

Для реализации метода в информационно-измерительных системах разработаны следующие варианты его использования:

1. В устройствах класса «интеллектуальный датчик» для предварительной обработки данных, поступающих с чувствительного элемента. Такое применение метода обеспечит повышенную помехоустойчивость датчика, улучшив тем самым его эксплуатационные характеристики. Пре-

имущественными вариантами использования метода является определение масштаба, при котором наблюдается единственный экстремум функции апостериорной вероятности, или вычисление этой функции при фиксированном, определенном в процессе конструирования датчика, значении масштаба.

2. В устройствах сбора, обработки и визуализации данных. В данном случае требуется высокопроизводительное устройство обработки для вычисления значений функции апостериорной вероятности в требуемом диапазоне масштаба функции распределения вероятности.

3. В устройствах управления для помехоустойчивого определения параметров приближающей зависимости сигналов обратной связи, а также для идентификации объекта управления.

Для реализации метода в измерительных и управляющих системах предлагается использовать массово-параллельный подход к вычислениям функции апостериорной вероятности. Для обеспечения управления вычислительными блоками и представления результатов вычислений удобно использовать проблемно-ориентированный подход к проектированию вычислительных систем, заключающийся в расширении системы команд управляющего процессорного устройства с целью обеспечения простого доступа к интерфейсам вычислительных блоков [3]. Данный подход был использован в практике конструирования измерительных устройств на базе ПЛИС с архитектурой FPGA [4].

Библиографический список

1. Тарасов И.Е. Перспективы использования FPGA Xilinx 7-й серии в системах связи и ЦОС // Электронные компоненты, 2011, №1. - с. 43-45.
2. Нефедов В.И., Тарасов И.Е., Аветисов А.С., Пикуль А.И., Маркин А.А. Многопроцессорные комплексы в задачах программно-зависимой обработки сигналов. Сборник трудов ОАО «Концерн радиостроения «Вега», № 1 (6). - М.: 2012 г. - с. 101-105.
3. Тарасов И.Е., Тетерин Е.П., Потехин Д.С. Использование проблемно-ориентированного подхода к программированию измерительных комплексов // Проектирование и технология электронных средств, 2002, №3. - с. 39-43.
4. Tarasov I. Custom processors in FPGAs // Xcell journal, vol. 64, 2nd Q 2008.

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В СМК РАЗРАБОТЧИКА И ИЗГОТОВИТЕЛЯ РЭА

*Зимин В.Г., Аветисов А.С., Вехов О.В., Башмакова В.С., Мамаева О.Ю.,
Панков А.В., Кафедра телекоммуникационных систем, МГТУ МИРЭА*

Современное структурное реформирование оборонно-промышленного комплекса предполагает формирование крупных интегрированных структур, среди которых наибольшее распространение получили концерны.

Концерн, в основу которого положено преобладающее участие одной организации в уставном капитале остальных, представляет собой совокупность формально независимых юридических лиц и его создание не влечет за собой регистрационных процедур. При этом он имеет иерархическую структуру, учитывающую распределение управленческих и производственно-технических функций между его головной и зависимыми организациями (предприятиями), как при реализации процессов управления, так и при реализации процессов жизненного цикла продукции.

Среди основных проблем координации и управления дочерними предприятиями концерна, в настоящее время следует выделить проблемы менеджмента качества, метрологического обеспечения разработки и производства изделий, а также создания и внедрения корпоративных стандартов. Эти составляющие общего менеджмента интегрированной структуры существенно влияют на качество и, соответственно, на конкурентоспособность продукции, выпускаемой на предприятиях концерна.

Особого внимания требует управление и контроль за процессами (составными частями процесса) жизненного цикла продукции, влияющими на качество финальных изделий, которые передаются головным предприятием концерна зависимым (дочерним) и сторонним предприятиям.

Одним из подходов, позволяющих повысить управляемость внутри концерна, является создание и принятие всеми предприятиями концерна в качестве обязательных корпоративных стандартов, регламентирующих на правовом поле концерна требования и процедуры, в том числе и в области менеджмента качества.

В развитие этого предполагается разработать и внедрить корпоративный стандарт «Управление переданными процессами в СМК предприятия-разработчика и изготовителя».

Таковыми процессами, в отношении которых применяются положения предлагаемого стандарта, являются:

- выполнение отдельных этапов составных частей НИР, аванпроектов;
- выполнение составных частей ОКР, отдельных этапов составных частей ОКР, ОКР по созданию СЧ изделия;
- разработка и корректировка конструкторской документации;
- разработка и корректировка технологической документации;

- разработка и корректировка программной документации и создание программных изделий;
- изготовление опытных образцов изделия (составных частей изделия, сборочных единиц, деталей и контрольного оборудования);
- серийное изготовление составных частей изделия, сборочных единиц, деталей и контрольного оборудования;
- проведение различных видов испытаний.

Указанный стандарт будет устанавливать:

- порядок определения потребности в передаче процессов жизненного цикла продукции;
- порядок и методику оценки и выбора предприятий-соисполнителей;
- порядок заключения контрактов с предприятиями-соисполнителями на поставку составных частей изделий и включения в них требований по качеству;
- процедуру контроля за процессом, переданным другому предприятию;
- порядок верификации продукции, поставляемой предприятиями-исполнителями;
- процедуры управления несоответствующей продукцией, предъявления претензий.

Входными данными процесса управления передаваемыми процессами являются контракт (включая приложения к нему) с потребителем (заказчиком) на выполнение разработки, производства и ремонта продукции по тематике концерна и предприятий, входящих в его интегрированную структуру, оперативное решение руководства концерна, предложения потребителей (заказчика).

Выход этого процесса – продукция (составные части изделий, сборочные единицы, детали и контрольное оборудование, конструкторская, технологическая и программная документация и т.п.), соответствующая установленным требованиям и получаемая на других предприятиях (в том числе дочерних и зависимых) при передаче им процессов ее жизненного цикла.

В качестве показателей для оценивания и выбора приемлемых поставщиков можно принимать:

- наличие лицензий на разработку продукции;
- наличие внедренной системы менеджмента качества (наличие сертификата соответствия, заключения);
- возможные объемы разработки отчетной научно-технической, конструкторской, программной и технологической документации, поставки продукции;
- сроки реализации процессов жизненного цикла продукции и ее поставки;
- наличие компетентного персонала;

- наличие инфраструктуры, необходимой для разработки (производства) продукции;
- дальность транспортных перевозок (транспортные расходы);
- цену реализации процессов жизненного цикла продукции или поставляемой продукции,
- условия оплаты (предоплата, размер скидок, оплата по факту поставки) и др.

Основные требования к качеству изготавливаемой продукции, ее верификации и устранению несоответствий продукции должны отражаться в контракте (договоре) на изготовление продукции.

Ниже представлен пример алгоритма процесса управления процессами жизненного цикла продукции, переданными другим предприятиям.

1. Контракт с заказчиком, оперативное решение руководства концерна, предложения заказчика.
2. Анализ исходных данных для определения потребности в передаче процессов.
3. Определение потребности в передаче процесса жизненного цикла продукции. Документальное оформление предложения.
4. Принятие решения о передаче процесса жизненного цикла продукции другому предприятию.
5. Оценка предприятия-соисполнителя.
6. Формирование перечня предприятий-соисполнителей.
7. Подготовка предложения руководству концерна для принятия им решения о выборе предприятия-соисполнителя.
8. Выбор предприятия-соисполнителя.
9. Подготовка проекта контракта на выполнение передаваемого процесса и поставку продукции.
10. Заключение контракта.
11. Есть необходимость выполнения подпроцессов, входящих в передаваемые процессы? *ДА, НЕТ.*
 - 11.1 Если *ДА*, то
Заключение предприятием-соисполнителем контракта на выполнение соответствующих работ.
 - 11.2 Если *НЕТ*, то
12. Выполнение передаваемых процессов.
13. Контроль передаваемых процессов.
14. Получение и доставка продукции.
15. Контроль качества продукции, поставляемой предприятиями-соисполнителями.
16. Продукция отвечает требованиям? *ДА, НЕТ.*
 - 16.1 Если *НЕТ*, то
Управление несоответствующей поставляемой продукцией.
 - 16.2 Если *ДА*, то
17. Повторная оценка предприятий-соисполнителей.

18. Хранение поступившей продукции.

19. Готовая продукция, соответствующая установленным требованиям.

Внедрение разрабатываемого стандарта объективно выдвигает основные условия согласованности системы менеджмента качества головного предприятия концерна и систем менеджмента качества зависимых предприятий концерна, в том числе гармонизацию процедур:

- управления конструкторской, технологической и программной документацией и записями;

- мониторинга продукции (входной контроль, производственный контроль, окончательный контроль);

- управления несоответствующей продукцией.

Такой стандарт действительно востребован для регламентированного обеспечения организации выполняемых разработок во всех предприятиях концерна. Это документ прямого действия для широкого круга исполнителей – сотрудников предприятия. При этом имеет важнейшее значение характер вкладываемого понятийного аппарата, степень ясности и доходчивости изложения, отсутствие перегруженности несущественными деталями и понятиями из других областей знаний. Именно это определяет в конечном счете читабельность, восприятие и практическую реализацию регламентирующих требований.

Библиографический список

2. Дж. Брайан Хейвуд. Аутсорсинг. В поисках конкурентных преимуществ. Издательский дом «Вильямс». Москва, Санкт-Петербург, Киев, 2002. - с. 174

3. ISO/TC176/SC2/№ 630R2. ISO 9000 Introduction and Support Package: Guidance on «Outsourced Processes». Пакет документов по введению и поддержке ИСО 9000:2000: «Руководство по применению процессов аутсорсинга».

4. ISO/TC176/SC2/№ 524R2. ISO 9000 Introduction and Support Package: Guidance on «Outsourced Processes». Пакет документов по введению и поддержке ИСО 9000:2000: «Руководство по использованию пункта 1.2 «Применение» ИСО 9001:2011».

5. Владимирцев А.В., Марцынковский О.А., Шеханов Ю.Ф., Степанов Р.В., Загорулько Ю.В. Использование документа ISO/TC 76/SC 2/N 630R2 «Руководство по применению процессов аутсорсинга» в организациях, внедряющих системы менеджмента качества на соответствие ИСО 9001:2011.

5. Шиткина И.С. Холдинги: правовое регулирование и корпоративное управление: Научно-практическое издание. – М.: 2006.

ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТЕЙ

Карнов М.А., Мельчаков В.Н., Макеенкова Н.С., Шевченко А.И., Барский Д.Р., Крутов М.М., Кафедра телекоммуникационных систем, МГТУ МИРЭА

Для измерения скоростей часто используют метод, построенный на эффекте доплеровского сдвига частоты отраженного излучения от движущейся поверхности, построенный на различных методиках (PDV, ORVIS, Фабри-Перо). Метод с использованием стрик-камер по-прежнему пользуется наибольшей популярностью, поскольку позволяет использовать несколько десятков независимых каналов на фотокатоде электронно-оптического преобразователя (ЭОП), и получать хронограммы процесса с высоким временным разрешением непосредственно на экране ЭОП в отличие от осциллографических методов, когда для каждого фотодиода или ФЭУ необходимо использовать отдельный осциллографический канал с широкой полосой пропускания. В ходе работы произведен расчет и математическое моделирование малогабаритного хронографического ЭОП с пикосекундным временным разрешением для лазерного доплеровского измерителя скоростей.

Основной особенностью ЭОП пикосекундного диапазона являются высокие скорости разверток фотоэлектронного изображения. При высокой энергии электронного пучка требуемая чувствительность отклоняющих систем обеспечивалась, помимо прочего, за счет достаточно большого расстояния между отклоняющей системой и экраном. Таким образом, противоречия, вытекающие из условий обеспечения малой дисперсии времен пролета фотоэлектронов и необходимой чувствительности отклоняющих систем, решались за счет известного компромисса, результатом которого были высокие питающие напряжения и большие габаритные размеры преобразователей. При разработке времяанализирующего ЭОП в качестве одного из главных критериев ставилась задача создания миниатюрного прибора, реализующего требуемые технические характеристики при напряжениях питания не более 5 кВ. Время пролета электрона от фотокатода до плоскости отклонения в общем случае описывается выражением:

$$T = \xi \int_0^{z_d} [\Phi(z) + u_0]^{-1/2} dz ,$$

где: $\xi = (2e/m)^{-1/2}$; e и m – заряд и масса электрона; z_d – координата плоскости отклонения; $\Phi(z)$ – распределение потенциала по траектории движения электрона; u_0 – удовлетворяет условию $eu_0 = 0,5mV_{0z}^2$; V_{0z} – нормальная составляющая начальной скорости фотоэлектрона.

Очевидно, что разности времен пролета электронов с нулевым и ненулевым начальными импульсами ($mV_{0z} = 0$ и $mV_{0z} \neq 0$) до плоскости от-

клонения в первом приближении и определяют временные aberrации ЭОП электронно-оптической системы (ЭОС).

Уменьшению временных aberrаций способствует уменьшение абсолютных величин времен пролета электронов, что может достигаться за счет:

- введения специального прикатодного ускоряющего электрода;
- повышения потенциала анода;
- сокращения длины пролетного пространства.

При разработке ЭОП нами использовался последний метод.

Оценка по приведенной формуле показывает, что разброс времен пролета электронов порядка 10...20 пс для многощелочного фотокатода можно обеспечить при напряжении питания 5 кВ в ЭОС с расстоянием фотокатод-анод около 20 мм даже без специального ускоряющего электрода если плоскость отклонения будет находиться на расстоянии ~ 40 мм от фотокатода.

В качестве одной из задач предполагалось обеспечить в ЭОП большое рабочее поле фотокатода 25 мм при электронно-оптическом увеличении изображения $\Gamma_{eo} \approx 1,0$, поэтому, принимая во внимание небольшое расстояние между фотокатодом и анодом, для уменьшения сферических aberrаций был выбран фотокатод имеющий форму сферического сегмента.

Определение конфигурации электродов ЭОП системы при заданном электронно-оптическом увеличении, а также расчет разности времен пролета фотоэлектронов осуществлялись путем математического моделирования с помощью специализированного программного пакета (софта), предназначенного для прецизионных расчетов траекторий заряженных частиц в электростатических полях. Софт позволяет, используя результаты траекторного анализа, рассчитывать не только электронно-оптическое увеличение и дисторсию, но и получать семейства частотно-контрастных характеристик, и на их основе корректно определять форму поверхности изображения и распределение пространственного разрешения фотоэлектронного изображения по экрану. Несмотря на то, что при решении полевой задачи используется кусочно-постоянная аппроксимация распределения плотности зарядов, реализованные в программном пакете алгоритм оптимизирующей динамической реконфигурации разбиения поверхностей электродов на микроэлементы и оригинальный рекуррентный алгоритм покомпонентного разложения траектории в ряд по параметру процесса обеспечивают расчеты траекторий с относительной погрешностью $10^{-6} \dots 10^{-7}$ и выше.

Поскольку проектирование ЭОС представляет задачу, обратную траекторному анализу, использовался подход, именуемый «псевдосинтезом». Проводился ряд математических экспериментов при варьировании геометрии и потенциалов электродов начальной модели, из которых определялись значения электронно-оптических параметров анализируемых систем и аппроксимационные коэффициенты вариационных функций этих параметров. Отбирался вариант системы с параметрами, наиболее близкими к требуемым. Этот вариант становился исходной моделью для последующе-

го цикла. В окончательно выбранной конфигурации электродов ЭОС расчет параметров в параксиальной области показал, что при фокусировке на расстоянии 63 мм от фотокатода на оси реализуются масштаб переноса изображения $\mu = 0,96$ и дисторсия $\delta = 5 \cdot 10^{-4}$. Здесь под масштабом переноса изображения и дисторсией подразумеваются коэффициенты при первых членах разложения в степенной ряд радиальной координаты электрона $R(z)$ как функции радиальной координаты точки его вылета из фотокатода $R(0)$:

$$R(z) = \mu(z) R(0) + \delta(z) R(0)^3 + \dots + \alpha_n(z) R(0)^n \dots$$

Электронно-оптическое увеличение системы, и дисторсия вне параксиальной области определяются на основе этих коэффициентов соответственно как:

$$\Gamma_{eo} = R(z)/R(0) = \mu(z) + \delta(z) R(0)^2;$$

$$\chi = 0,5\delta(z)R(0)^2/[\mu(z) + \delta(z) R(0)^2].$$

Подстановка полученных значений μ , δ и $R(0) = 12,5$ мм (край рабочего поля фотокатода) в приведенные выше выражения дает значения $\Gamma_{eo} = 1,04$ и $\chi = 0,038$.

При расчете траекторий задавались наиболее вероятная начальная энергия электронов 0,6 эВ и углы вылета относительно нормали к фотокатоду $\pm 60^\circ$. Начальные условия определялись заведомо более жестко, чем в реальном приборе. На самом деле наиболее вероятная начальная энергия фотоэлектронов многощелочного фотокатода составляет величину 0,3 эВ, а векторы начальных скоростей более 90 % эмиттированных фотоэлектронов лежат в пределах $\pm 30^\circ$ относительно нормали к поверхности фотокатода. Выбранные начальные условия специально использовались для определения огибающей электронного потока с некоторым припуском, который бы надежно гарантировал хорошее токопрохождение в ЭОС.

При финишном анализе окончательного варианта электронно-оптической системы в качестве точек вылета электронов с фотокатода выбирались радиальные координаты:

$R(0)_1 = 12,5$ мм – край рабочего поля фотокатода; $R(0)_2 = R(0)_1 / 2^{1/2} = 8,8$ мм – периферийная зона; $R(0)_3 = R(0)_1 / 2 = 6,25$ мм – средняя зона; $R(0)_4 = 0$ – центр фотокатода.

По огибающей электронного потока, включающей пучки из всех четырех точек, определялся минимальный диаметр анодного отверстия, обеспечивающий 100 % токопрохождение, а по огибающей пучка без траекторий с края рабочего поля – минимальные расстояния и угол раствора между отклоняющими пластинами.

По рассчитанным траекториям определялись электронно-оптическое увеличение и искажения изображения в пределах рабочего поля. Было получено значение $\Gamma_{eo}^* = 1,06$ практически совпадающее со значением Γ_{eo} , рассчитанным через коэффициенты степенного ряда. Искажения изображения составили $\chi^* = 5,5\%$. Здесь χ^* – геометрические искажения прямой линии при собственной аксиально-симметричным электростати-

ческим ЭОС подушкообразной дисторсии, определяемые как отношение длины стрелы прогиба дуги, в которую превращается на экране (входной поверхности микроканальной пластины) сторона квадрата, спроектированного на фотокатод, к половине длины хорды, соединяющей концы этой дуги, выраженное в процентах:

$$\chi^* = [1 - 2^{1/2} R(z_s)_2 / R(z_s)_1] 100 \%,$$

где $R(z_s)_2$ – радиальная координата в плоскости изображения траектории электрона, вылетевшего из точки фотокатода $R(0)_2 = R(0)_1 / 2^{1/2} = 8,8$ мм, а $R(z_s)_1$ – радиальная координата в плоскости изображения траектории электрона, вылетевшего из точки фотокатода $R(0)_1 = 12,5$ мм.

Для окончательного варианта произведен также подробный анализ с расчетом частотно-контрастных характеристик. При этом в качестве начальных условий движения фотоэлектронов в математической модели используется распределение по энергиям/углам в виде

$$\Psi(\varepsilon, \theta) = \left[\sum \eta_k M_k(\varepsilon / \varepsilon_{0k}) \right] \cdot \cos \theta, \text{ где: } \sum_{k=1}^n \eta_k M_k(\varepsilon / \varepsilon_{0k})$$

как линейная комбинация нормированных функций распределения Максвелла, которой аппроксимируется распределение фотоэлектронов по начальным энергиям; η_k – весовой коэффициент k -той функции; ε_{0k} – наиболее вероятная энергия k -той функции распределения.

Использованные при расчетах значений весовых коэффициентов и наиболее вероятных энергий обеспечили хорошее соответствие аппроксимации экспериментально полученному распределению для многощелочного фотокатода.

При разности начальных энергий 0,6 эВ минимальную разность времен пролета 66 пс имеют электроны, эмитированные с края рабочего поля фотокатода, а максимальную 91 пс – осевые электроны. При разности начальных энергий 0,3 эВ соответствующие разности пролета составляют 19 пс и 26 пс, что несколько больше требуемой величины. Однако, реально ширина полосы энергетического спектра, в которой содержится более 80 % фотоэлектронов, у многощелочного фотокатода даже вблизи длины волны максимума спектральной характеристики чувствительности в диапазоне 480...520 нм составляет величину не более 0,2 эВ при наиболее вероятной энергии 0,3 эВ, а в красной области спектра существенно меньше. Это означает, что ЭОС времяанализирующего ЭОП способна обеспечить предельное временное разрешение на уровне $\sim 2 \cdot 10^{-11}$ с. Расчет отклоняющей системы сводился к выбору длины отклоняющих пластин в пределах дрейфового пространства ЭОС, которая могла бы обеспечить необходимую чувствительность отклонения при заданном огибающей электронного пучка и размерами рабочего поля экрана угловом растворе отклоняющих пластин.

Чувствительность отклонения прямых симметричных пластин с углом раскрыва находится по формуле:

$$\xi = \arctg[(D - b_1)/L],$$

где: D – размер рабочего поля экрана в направлении развертки; b_1 – расстояние между пластинами на входе; L – осевое расстояние от входных торцов пластин до экрана, определяемое как:

$$\varepsilon = 0,5hU_a^{-1}(b_2-b_1)^{-1}\{[b_2h(b_2-b_1)^{-1}+(L-h)] \ln(b_2/b_1)-h\},$$

где h – длина проекции пластины на ось системы отклонения; U_a – разность потенциалов между фотокатодом и анодом; b_2 – расстояние между пластинами на выходе.

Подставляя в это выражение заданные ε и D , а также значения b_1 , b_2 и L , полученные из результатов расчета ЭОС, и разрешая его относительно h , была получена длина осевой проекции отклоняющих пластин. По формуле $L^* = h/\cos \xi$ определяется длина пластин 26,6 мм.

Выводы

В результате математического моделирования предложенная конструкция малогабаритного электронно-оптического преобразователя для лазерного доплеровского измерителя скоростей имеет хорошие расчетные характеристики, позволяющие разместить на фотокатод более 100 волонно-оптических измерительных каналов, что позволяет ему успешно конкурировать с осциллографической измерительной системой. В дальнейшем предполагается приступить к изготовлению и апробации разработанной конструкции.

Библиографический список

1. Лебедев В.Б., Фельдман Г.Г., Карпов М.А., Федоров А.В., Назаров Д.В., Финюшин С.А., Давыдов В.А. Использование электронно-оптических камер в диагностике взрывных процессов. Сб. статей. Оптико-электронные измерения. – М.: Университетская книга, 2005. – с. 570 - 576.
2. Сигов А.С., Попов Е.А., Нефедов В.И. Методы исследования изображений в нестационарной спектроскопии. // Научные технологии. – 2011, № 7, т. 12. – с. 4-59.
3. Карпов М.А., Лебедев В.Б., Фельдман Г.Г., Федоров А.В., Меньших А.В., Назаров Д.В., Финюшин С.А., Давыдов В.А. Применение камеры К008 в диагностике ударных и детонационных волн. Измерительная техника, № 5, 2007. – с. 46-49.
4. Нефедов В.И., Карпов М.А., Лучников П.А. Применение электронно-оптического преобразователя изображений в системе «ЛИДАР» для лазерного зондирования объектов в жидких и газовых средах // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения / Под ред. чл.-корр. РАН А.С. Сигова, - М.: Энергоатомиздат, 2009, ч. 4. – с. 282-287.

ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ РЕНТГЕНОВСКОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН

*Карпов М.А., Никишин Д.В., Матвеев А.Ю., Мохамед М.Х.,
Абоелазм М.А.А., Безлатный Д.В., аспиранты кафедры
телекоммуникационных систем, МГТУ МИРЭА.*

В последнее время для проведения экспериментов в области физики высоких энергий и плазмы, управляемого термоядерного синтеза и ряде других научных задач становятся популярными специальные электронно-оптические камеры (стрик-камеры) с нано- и пикосекундным ($10^{-11} \dots 10^{-12}$ с) временным разрешением. Основа этих камер – рентгеновские электронно-оптические преобразователи (ЭОП) с чувствительностью $0,1 \dots 10$ кэВ. Для их проверки, настройки и оценки их основных параметров и характеристик в статическом и динамическом режимах был разработан специальный стенд.

В настоящее время разработаны достаточно точные программы расчета электронных траекторий в электронной трубке, поэтому эксперименты с электронно-оптической системой ЭОП проводились путем ее компьютерного моделирования. Вначале были проведены эксперименты с одной из главных частей ЭОП, параметры которой можно измерить отдельно – это система развертки электронного луча. Как известно ЭОП имеет две основные части: электронно-оптическую фокусирующую систему и систему развертки электронного луча. Были рассчитаны и измерены амплитудно-частотные характеристики двух типов изготовленных систем развертки:

- 1 тип – проходная система развертки конденсаторного типа с коаксиальным входом и выходом (75 или 50 Ом); исследовались также непроходные коаксиальные системы, имеющие только вход;
- 2 тип – система развертки в виде меандровой замедляющей линии. Коэффициент замедления волны отклоняющего напряжения в линии подобран таким образом, что скорость распространения отклоняющего напряжения в системе равна скорости электронов в трубке при ускоряющем напряжении 10 кВ.

Оказалось, что реальные параметры практически не отличаются от расчетных.

Параллельно разрабатывались два типа ЭОП: с электростатической и магнитной фокусировкой. Методика расчета фокусирующей системы с электростатической фокусировкой была хорошо отработана ранее и обеспечивала достаточную точность, необходимую для изготовления электродов фокусирующей системы. Для трубки с магнитной фокусировкой необходим предварительный расчет и эксперименты, подтверждающие правильность расчетов. Известно, что временное разрешение обратнопропор-

ционально напряженности электрического поля вблизи фотокатода и пропорционально разбросу начальных энергий фотоэлектронов. При разработке ЭОП для рентгеновской камеры выбрана четырехэлектродную фокусирующую систему, которая имеет хорошее пространственное и временное разрешение. Вблизи фотокатода была получена напряженность электрического поля 30 кВ/мм. Это позволяло получить расчетное временное разрешение для фотокатода типа S-20 порядка 800 фс. На временное разрешение влияют три основных фактора: временной разброс выхода фотоэлектронов из толщи фотокатода; разброс начальных энергий фотоэлектронов; временные искажения, вносимые отклоняющей системой.

Кулоновское расталкивание электронов не учитывается, так как усилители развернутого изображения позволяют регистрировать единичные фотоэлектроны, вышедшие с фотокатода. Времена анализирующий ЭОП рентгеновского диапазона с фотокатодом CsI в сравнении с ЭОП видимого диапазона с фотокатодом S-20 такой же конструкции имеет несколько недостатков, снижающих его временное разрешение, заключающиеся в следующем: фотокатод S-20 имеет в 3-4 раза меньшую толщину, чем CsI, составляющую 100...150 Å. Это определяет временную дисперсию выхода фотоэлектронов из фотокатода, меньшую чем 100 фс; разброс начальных энергий фотоэлектронов для CsI составляет около 2 эВ, а для S-20 – 0,3 эВ. Это значит, что при равных напряженностях электрического поля вблизи фотокатода временная дисперсия из-за разброса начальных скоростей фотоэлектронов для CsI будет больше, чем для S-20 в 2 раза.

Расчеты временных характеристик ЭОП с двумя магнитными линзами, включенными встречно, показывают, что он имеет определенные преимущества в сравнении с ЭОП с электростатической фокусировкой. Это связано с тем, что фотоэлектроны, пролетающие в поле магнитной линзы, не меняют свою энергию, а изменяют только направление движения. При фокусировке же электронов электростатической линзой происходит изменение энергии электронов. Это приводит к дополнительной временной дисперсии в электростатическом поле в сравнении с магнитным. Время пролета электронов в системе отклонения конденсаторного типа длиной 20 мм при ускоряющем напряжении 15 кВ составляет около 0,3 нс. Если длительность фронта импульса развертки меньше 0,3 нс, то чувствительность отклоняющих пластин будет меньше чем в статическом режиме. Это приведет к уменьшению скорости развертки и ухудшению технического временного разрешения. Можно сказать, что эффективная длина пластин будет меньше чем 20 мм. Для сохранения чувствительности пластин при коротких длительностях фронта импульса развертки разработаны пластины в виде замедляющей линии меандрового типа.

Статический режим рентгеновских ЭОП и камеры. Испытания отдельно рентгеновских ЭОП и ЭОК в статическом режиме работы проводились на установке для исследования характеристик рентгеночувствительных электронно-оптических преобразователей и электронно-оптических камер в диапазоне мягкого рентгеновского излучения с энергиями квантов

0,1...10 кэВ. Определение предела пространственного разрешения рентгеновского ЭОП производилось визуально с помощью микроскопа с увеличением в 24 раза. В рентгеновском ЭОП устанавливался катодный узел, у которого в дне катодного стакана было прорезано четыре группы щелей. Каждая группа содержала по четыре щели шириной 100 мкм, 67 мкм, 50 мкм и 40 мкм с шагом соответственно 200 мкм, 134 мкм, 100 мкм и 80 мкм, что соответствует пространственным частотам этих периодических структур 5 мм^{-1} , $7,5 \text{ мм}^{-1}$, 10 мм^{-1} и $12,5 \text{ мм}^{-1}$. Таким образом, в рентгеновском ЭОП сам фотокатод являлся тест-объектом с контрастом, практически равным 100%. Регулировкой напряжения на фокусирующем электроде рентгеновского ЭОП удалось достичь максимальной четкости изображения на его экране. При этом надежно различались штрихи с пространственной частотой $12,5 \text{ мм}^{-1}$. Электронно-оптическое увеличение $\Gamma_{\text{эо}}$ определенное как отношение высоты изображения щели на экране к ее высоте на фотокатодe, составило 1,03, что вполне соответствует обычному для ЭОП допуску 10% на величину $\Gamma_{\text{эо}}$.

Для измерения чувствительности отклоняющих пластин на них подавалась разность потенциалов от 50В до 1кВ и с помощью микроскопа фиксировались отклонения изображения щели от первоначального положения. При этом чувствительность отклоняющих пластин составила 0,0103...0,0104 мм/В во всем диапазоне изменения отклоняющих напряжений. После испытания рентгеновского ЭОП в статическом режиме он устанавливался в рентгеновскую ЭОК и проводились ее испытания в статическом режиме работы. Запись выходного изображения рентгеновской ЭОК осуществлялась с помощью КМОП камеры с числом пикселей 2000×2000 . При этом пространственное разрешение рентгеновской ЭОК составило 10 п.л./мм.

Динамический режим рентгеновских ЭОП и камеры. Для настройки и измерения пространственного разрешения в динамическом режиме перед фотокатодом рентгеновского ЭОП практически вплотную к нему устанавливается воздушная щелевая мишень с 4-мя рангами пространственной частоты штрихов (5 ; $7,5$; 10 ; $12,5 \text{ мм}^{-1}$), изготовленную методом фотолитографии на медной фольге, и освещается ее импульсным ультрафиолетовым (УФ) излучением. Источником излучения является торец электрического разряда, который происходит в воздухе в керамическом канале диаметром 1 мм.

Длительности разверток и их нелинейность определялись по следующей методике. Перед щелевым фотокатодом рентгеновского ЭОП практически вплотную к нему и перпендикулярно ему устанавливали щель шириной 0,05 мм, вытравленную в фольге. Таким образом, размер фоточувствительной зоны на катоде становился равным $0,05 \text{ мм} \times 0,05 \text{ мм}$. С помощью осветителя и УФ объектива в центре фотокатода рентгеновского ЭОП подсвечивали указанную точечную зону и осуществляли развертку ее изображения. При этом на незаземленную вспомогательную вертикально отклоняющую пластину рентгеновского ЭОП подавали синусоидальное

напряжение известной частоты. Частоту и амплитуду устанавливали такими, чтобы на изображении развертки – синусоиде при обработке можно было четко выделить не менее 10-ти характерных пространственных интервалов, соответствующих либо целым периодам (T) синусоиды, либо $T/2$, либо $T/4$. При этом вначале при выключенном генераторе синусоидального напряжения записывали в компьютер кадр без синусоиды, а затем, включив генератор, записывали кадр с синусоидой. После этого эти 2 кадра суммировали в компьютере и получали изображение синусоиды с нулевой линией. Это позволяло точнее определять величины характерных пространственных интервалов особенно тогда, когда при коротких длительностях развертки приходилось находить их соответствие величинам $T/2$ или $T/4$. Затем подавали синусоидальное напряжение на вертикально отклоняющие пластины рентгеновского ЭОП коаксиальным кабелем, работающим в режиме, близком к холостому ходу, т.е. нагруженном только на эти пластины. Регулируя амплитуду выходного сигнала генератора синусоидального напряжения, его частоту, а в некоторых случаях и длину кабеля для нахождения резонанса, добивались такого изображения синусоиды, которое позволяло четко выделять не менее 10-ти указанных выше характерных пространственных интервалов. Делая разовые пуски, записывали и обрабатывали на каждом диапазоне как минимум 2 кадра, на одном из которых синусоида начиналась с нулевой линии точно в начале развертки, а на другом заканчивалась на нулевой линии точно в конце развертки. При этом записывали и обрабатывали для уменьшения погрешности измерения k_p и кадры с промежуточной ситуацией, когда синусоида начиналась не с нулевой линии и заканчивалась не на ней.

Предельное временное разрешение, когда в рентгеновского ЭОП был установлен Au фотокатод, было измерено в мягком рентгене на экспериментальной пикосекундной лазерной установке, где источником МРИ являлся факел лазерной плазмы на поверхности металлической мишени. Оно составило 9,5 пс.

Библиографический список

1. Карпов М.А., Лебедев Ю.А., Мавлюдов Т.Б., Шахатов В.А., Эпштейн И.Л. Динамика установления неравновесного СВЧ разряда на конце цилиндрического электрода в азоте при пониженных давлениях. Физика плазмы, 2010, том 36, №2. – с. 201-208.
2. Nefedov V.I., Karpov M.A. Increase of the linearity of communication system microwaves-amplifiers. DSPA-08. Moscow, Russia. – p. 598.
3. Карпов М.А., Мельчаков В.Н., Егорова Е.В., Цуников А.Ю. Хронографический электронно-оптический преобразователь для лазерного доплеровского измерителя скоростей. Электромагнитные волны и электронные системы, 2012, №7. – с. 68-72.

МАЛОГАБАРИТНЫЕ БОРТОВЫЕ ШИРОКОДИАПАЗОННЫЕ СПИРАЛЬНЫЕ АНТЕННЫ

Лобанов Б.С., Генеральный директор ФГУП ЦНИРТИ

им. академика А.И. Берга, Россия

Пикуль А.И., зам. генерального директора ФГУП ЦНИРТИ

им. академика А.И. Берга, Россия

Трефилов Н.А., к.т.н., профессор, МГТУ МИРЭА, Россия

Петренко Е.О., Крутов М.М. аспиранты, МГТУ МИРЭА, Россия

Трефилов Д.Н., начальник отдела ФГУП «Космическая связь», Россия

В качестве бортовых широкодиапазонных антенн круговой поляризации часто используются невыступающие двухзаходные плоские спиральные антенны Архимеда с противофазным питанием, размещаемые над резонатором, выполняющим роль экрана. Характеристики антенны на рабочей частоте определяются витком спирали, имеющим длину, равную длине волны рабочей частоты антенны. Рабочий диапазон длин волн таких антенн определяется длиной наименьшего и наибольшего витков спирали. В рабочем диапазоне длин волн спиральные антенны Архимеда имеют значение коэффициента усиления близкое к 3 дБ, слабо изменяющееся входное сопротивление, поляризацию с высоким значением коэффициента эллиптичности [2-5].

Типовые методы и приемы проектирования и конструирования широкополосных бортовых антенн требуют значительных габаритов антенных устройств, что не всегда приемлемо по условиям доставки, размещения и эксплуатации на борту ИСЗ. При необходимости расширения полосы рабочих частот в низкочастотную область и при отсутствии возможности соответственного увеличения габаритов антенны приходится сталкиваться со значительным уменьшением коэффициента усиления антенны. Рассмотренные свойства при работе в низкочастотной области являются проблемными для теории антенн и рассмотрению их посвящено большое число работ, например [1, 6-8]. Для них введено понятие электрически малых или ELS (electrically small) антенн.

Если за апертуру антенны принять площадь излучающего витка спирали, можно получить соотношение, которое поясняет уменьшение G

$$G = \pi^2 \nu \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2$$

где, D – диаметр спиральной антенны, λ рабочая длина волны, ν – коэффициент использования поверхности апертуры. На рис.1 показан график частотной зависимости G для спиральной антенны, который хорошо согласуется с экспериментальными результатами, как полученными авторами, так и известными из публикаций. Дополнительным фактором, приводящим к

снижению G , являются омические потери в проводниках спирали при передаче мощности между наружными витками и входом антенны.

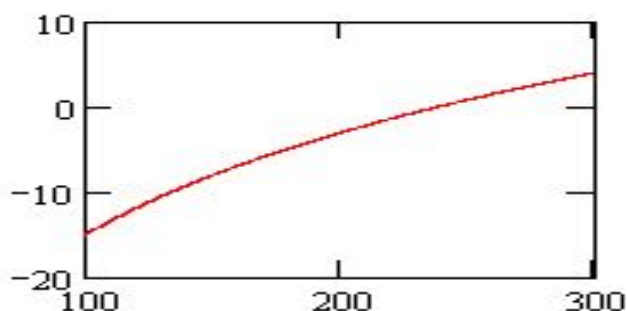


Рис.1 Зависимость коэффициента усиления (в децибелах) спиральной антенны диаметром 370 мм от частоты (в мегагерцах)

Для увеличения коэффициента усиления спиральной ELS антенны в области низких частот были исследованы ряд путей. Первое направление было связано с увеличением длины проводника последних витков спирали за счет придания им зигзагообразной формы. Оказалось, что это не дает значительного эффекта, так как размах зигзагов также ограничен наружным габаритом антенны. Существенного эффекта удалось добиться после выполнения зигзагов не в плоскости антенны, а в направлении оси антенны.

Следующим путем исследования являлась модификация резонатора антенны. При указанных выше параметрах цилиндрический резонатор имеет поперечные размеры, соответствующие запердельному волноводу круглого сечения, наружная кольцевая кромка резонатора образует короткозамкнутый виток, электрически связанный с витками спирали и шунтирует их, уменьшает возбуждение. Для исследования возможности уменьшения этого использовалось размещение замедляющей структуры по периметру боковой поверхности резонатора с внутренней стороны и придание боковой поверхности зигзагообразной формы при сохранении наружных габаритов резонатора. Второй путь показал большую эффективность.

Еще одним направлением исследований являлось включение в наружный виток реактивных элементов. Целью этого являлось как увеличение погонных реактивных параметров проводника наружного витка и, за счет этого, уменьшение фазовой скорости волны тока на проводнике, так и некоторое увеличение добротности внешнего витка спирали. Действительно, как следует из приведенного выше выражения, увеличить коэффициент ELS антенны при фиксированных размерах можно только за счет увеличения коэффициента использования поверхности, что связано с увеличением реактивной энергии, связанной с антенной. Реактивные элементы представляли распределенные индуктивности и конденсаторы, встроенные в наружный виток. Конденсаторы также использовались для замыкания конца спирального проводника на стенку резонатора, для увеличения амплитуды тока на наружном витке на наименьшей рабочей частоте. Полученные экспериментальные результаты показывают перспективность этого

направления. На рис. 2 на диаграмме Смита показано входное сопротивление макета такой антенны в диапазоне частот. На рис. 3 показана конструкция резонатора антенны.

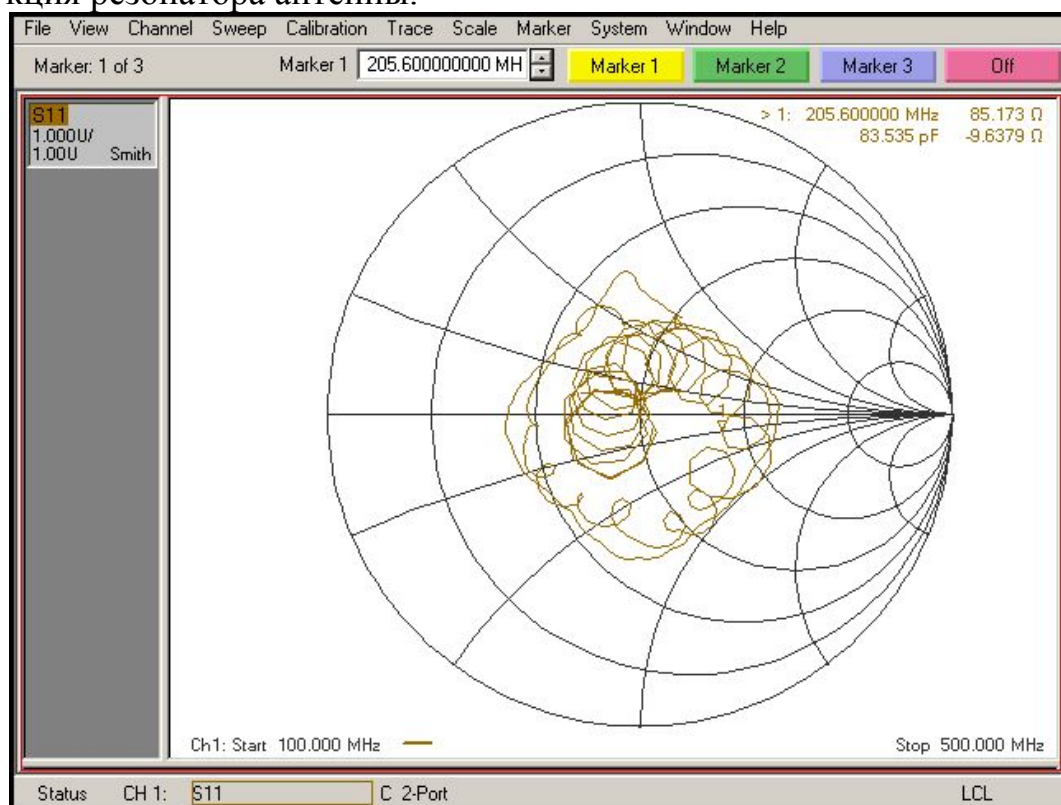


Рис.2. Входное сопротивление ELS спиральной антенны



Рис. 3. Конструкция резонатора ELS спиральной антенны

Исследования ELS спиральных антенн продолжаются в направлении численного моделирования распределения тока на разработанных макетах.

Библиографический список

1. Hansen R.C. Electrically Small, Superdirective, and Superconducting Antennas. - New Jersey: A John Wiley & Sons, Inc., Publication, 2006. – 168 p.
2. Юрцев О.А., Рунов А.В., Казарин А.Н. Спиральные антенны. – М.: Сов. Радио, 1974. – с.224.
3. Жук М.С., Молочков Ю.Б. Проектирование линзовых, сканирующих, широкодиапазонных антенн и фидерных устройств. – М.: Энергия, 1973. – с. 440.
4. Balanis K.C.A. Antenna Theory: Analysis and Design. – N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1997. – p. 932.
5. Milligan T.A. Modern antenna design. - N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 2005. – p. 608.
6. Wang J. J. H. Fundamental Bandwidth Limitation for Small Antennas on a Platform. – Presented in IEEE IWAT 2006. – www.weo.com/publications/WEO_IWAT2006.pdf.
7. Adams R. C., Hansen P. M. Evaluation of "Q" in an Electrically Small Antenna in Prolate Spheroidal Coordinates. Technical Document 3188. – Space and Naval Warfare Systems Center U.S. Navy. San Diego. Sept. 2004, 32 p. – www.spawar.navy.mil/sti/publications/pubs/td/3188/td3188cond.pdf.
8. Sten Johan C-E., Hujanen A., Koivisto P.K.. Quality Factor of an Electrically Small Antenna Radiating Close to a Conducting Plane. – IEEE Transactions on Antennas and Propagation. May 2001, v.49, N5. – p. 829–837.

УДК: 621.396.6

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ АНТЕНН

Трефилов Н.А., к.т.н., профессор, МГТУ МИРЭА, Россия

Лобанов Б.С., Генеральный директор ФГУП ЦНИРТИ

им. академика А.И. Берга, Россия

Шнак А.В., главный конструктор ФГУП ЦНИРТИ

им. академика А.И. Берга, Россия

Шубин В.А., начальник группы ФГУП ЦНИРТИ

им. академика А.И. Берга, Россия

Березюк С.В., главный инженер ФГУП ЦНИРТИ

им. академика А.И. Берга, Россия

Крутов М.М., аспирант, МГТУ МИРЭА, Россия

Измерение параметров и характеристик антенн СВЧ производится на антенных полигонах или в безэховых камерах [1-6], которые являются громоздкими и дорогостоящими сооружениями. Причем стоимость таких со-

оружений сильно зависит от их габаритов и объема. Уменьшение габаритов испытательных безэховых камер является актуальной задачей. Но минимальные габариты камер связаны с погрешностями измерений параметров антенн [4].

Для антенных устройств, применяемых в системах связи, одним из главных параметров является коэффициент усиления. Для его измерения часто используется метрологическая схема, в которой производится измерение затухания при передаче СВЧ мощности между двумя одинаковыми антеннами, ориентированными максимумами диаграмм направленности друг на друга. Расстояние между антеннами должно удовлетворять условию дальней зоны. Само понятие дальней зоны при этом обычно следует из величины допустимой квадратичной фазовой ошибки, возникающей на раскрыве антенн при удалении их на расстояние R друг от друга. Величина расстояния дальней зоны обычно рассчитывается по условию

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda}$$

где D – размер апертуры антенны или максимальный излучающий размер, λ – рабочая длина волны, на которой выполняются измерения.

Численное значение коэффициента усиления измеряемых антенн при этом находится по формуле

$$G = \frac{4\pi R}{\lambda} \sqrt{\frac{P_i \delta}{P_i \alpha \delta}},$$

где $P_{пр}$ и $P_{пер}$ принятая приемной антенной и передаваемая передающей антенной мощности, соответственно, их отношение связано с измеряемым затуханием сигнала в измерительной схеме.

Для малогабаритных, или ELS (electrically small) антенн, вычисляемое по приведенной формуле расстояние ближней зоны оказывается малым, например, даже для $D=\lambda/2$ расстояние между антеннами может составлять расстояние меньшее длины волны, при этом исследуемые антенны оказываются в зонах ближнего реактивного поля и расчетная формула для коэффициента усиления будет давать методическую погрешность.

Рассмотрим для примера два связанных полуволновых симметричных вибратора, размещенных параллельно друг другу на расстоянии d так, что их экваториальные плоскости совпадают. Первый вибратор будет передающим (активным), а второй – приемным (пассивным). Полные входные импедансы вибраторов и соотношения между токами на вибраторах можно определить по методу наводимых ЭДС [1,2]

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_c + Z_{i12}, & Z_2 &= Z_c + Z_{i21}; \\ Z_{i12} &= Z_{ac} \frac{I_2}{I_1}, & Z_{i21} &= Z_{ac} \frac{I_1}{I_2}; & \frac{I_2}{I_1} &= -\frac{Z_{ac}}{Z_2}. \end{aligned}$$

где Z_c , Z_{n12} , Z_{n21} – собственные и наведенные на первый и второй вибратор импедансы, соответственно, $Z_{вз}$ – взаимное сопротивление вибраторов, I_1 , I_2 – комплексные амплитуды токов на вибраторах, для полуволновых вибраторов равные входным токам.

Взаимное сопротивление вибраторов для описанного выше взаимного сопротивления можно отсчитать по графикам из [1,2], приведенным на рис.1.

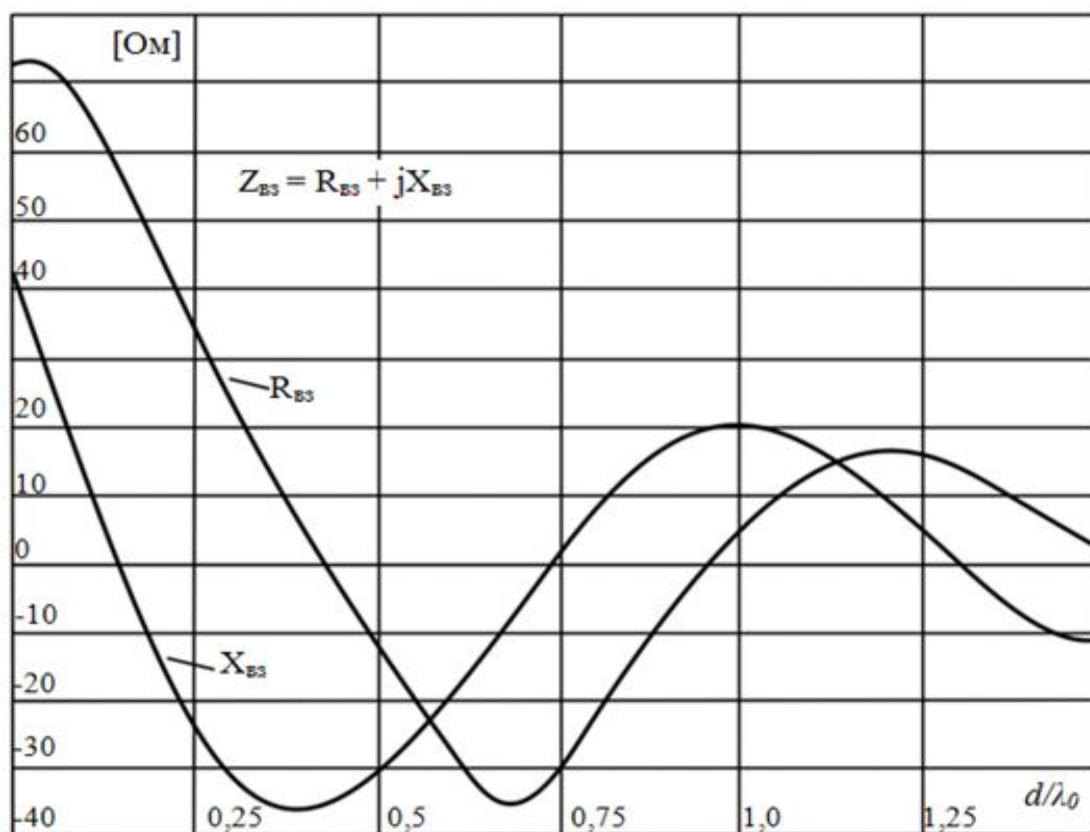


Рис 1 Взаимное сопротивление полуволновых вибраторов

Учитывая выражения для сопротивлений вибраторов и для отношения токов в них, а также учитывая известное соотношение для активной мощности, излучаемой антенной и для активной принимаемой мощности можно получить расчетное выражение для определения коэффициента усиления вибраторов в следующем виде

$$G = \frac{4\pi d}{\lambda} \sqrt{\operatorname{Re} \left\{ \frac{Z_{\hat{a}\zeta} Z_{\hat{a}\zeta}^*}{Z_1 Z_2^*} \right\}},$$

где звездочка на величинах Z обозначает комплексно сопряженные величины.

Очевидно, что полученное соотношение будет давать значение коэффициента усиления полуволнового симметричного вибратора, отличающееся от значения $G = 1,64$ для дальней зоны, что связано с методической

ошибкой определения параметров ELS на малых расстояниях. Величина ошибки будет уменьшаться только при d существенно большем λ .

Библиографический список

1. Balanis K.C.A. Antenna Theory: Analysis and Design. – N.Y.: Jon Wiley & Sons. Inc., 1997. – p. 932.
2. Milligan T.A. Modern antenna design. - N.Y.: Jon Willey & Sons. Inc., 2005. – p. 608.
3. Фрадин А.З., Рыжков Е.В. Измерение параметров антенно-фидерных устройств. – М.: Связь, 1972. – с. 352
4. Бахрах Л.Д., Кременецкий С.Д., Курочкин А.П., Усин В.А., Шифрин Я.С. Методы измерений параметров излучающих систем в ближней зоне – Л.: Наука, 1985. – с. 272
5. Мицмахер М. Ю., Торгованов В.А. Безэховые камеры СВЧ. – М.: Радио и связь, 1982. – с. 128
6. Захарьев Л.Н., Леманский А.А., Турчин В.И., Цейтлин Н.М., Щеглов К.С. Методы измерения характеристик антенн СВЧ. / Под ред. Н.М.Цейтлина. – М.: Радио и связь, 1985. – с. 368

УДК: 621.365.5

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ МИКРОВОЛНОВОГО НАГРЕВА

Трефилов Н.А., к.т.н., профессор, МГТУ МИРЭА, Россия
Пикуть А.И., зам. генерального директора ФГУП ЦНИРТИ
им. академика А.И. Берга, Россия
Шпак А.В., главный конструктор ФГУП ЦНИРТИ
им. академика А.И. Берга, Россия
Березюк С.В., главный инженер ФГУП ЦНИРТИ
им. академика А.И. Берга, Россия
Шубин В.А., начальник группы ФГУП ЦНИРТИ
им. академика А.И. Берга, Россия
Киров С.В., аспирант, МГТУ МИРЭА, Россия

Микроволновый нагрев начал активно применяться [1] в бытовых приборах и в промышленности после разработки и начала выпуска недорогих магнетронов с выходной средней мощностью более 700 Вт. Такой способ является разновидностью радиационного нагрева, при котором греющая мощность проникает внутрь нагреваемого объекта, выделяется в нем и затем распределяется за счет теплопередачи. Микроволновый нагрев применим ко всем средам, имеющим тангенс угла диэлектрических потерь более 10^{-2} , например, ко всем влагосодержащим материалам, материалам с

дисперсными металлическими включениями, к материалам, содержащим углерод. Главными преимуществами микроволнового нагрева перед другими видами является большая скорость разогрева обрабатываемых продуктов или материалов и, как следствие, низкие удельные энергозатраты, отсутствие загрязняющих агентов. К недостаткам СВЧ нагрева относятся сложность обслуживания и ремонта оборудования, недостаточная надежность магнетронов, недостаточное качество промышленной электроэнергии. Несмотря на перечисленные проблемы микроволновый нагрев, начиная с 90-х годов начинает все больше применяться в России в новых технологиях, например в технологиях получения нанокерамики, технологиях пробоподготовки и других.

Авторами разработан ряд технологий и образцов оборудования, реализующих микроволновый нагрев для различных применений [2]. На рис. 1 показана схема микроволновой сушильной камеры для деловой древесины. Сушка древесины в микроволновой камере производится следующим образом. Доски или деревянный брус укладываются в разреженный штабель (6) на транспортную тележку (1) и загружаются в сушильную камеру (2) по рельсовым направляющим (3). Камера закрывается дверцей (7), перемещающейся по вертикальным направляющим. Трехслойные стенки камеры образуют теплоизолированный электрогерметичный объем, в который подаются электромагнитные колебания от магнетронов (4) установленных на боковых поверхностях камеры. На верхней поверхности камеры размещены блоки питания (5) магнетронов. Пары влаги откачиваются из камеры через воздухопровод (8) при помощи вентилятора. Для обдува блоков питания и магнетронов в рабочем режиме к ним присоединены воздухопроводы (9). Микропроцессорное управление процессом сушки производится с вынесенного пульта управления. Внешний вид камеры в процессе испытаний показан на рис. 2.

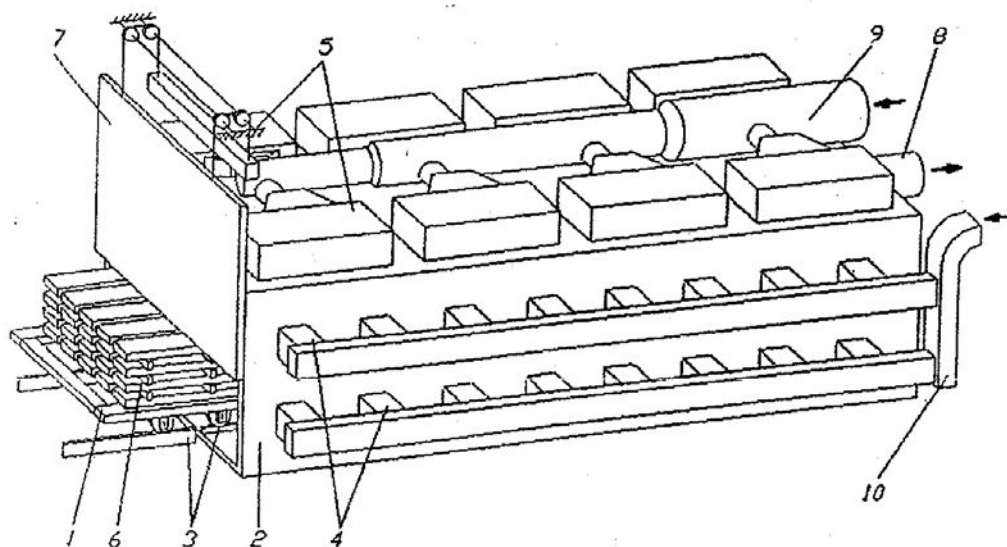


Рис. 1 Схема микроволновой сушильной камеры



Рис. 2 Внешний вид сушильной камеры на испытаниях

Для нагрева использовались 32 магнетрона М-136, объединенные в группы по 4 магнетрона. Максимальная СВЧ мощность установки составляла более 22 КВт. Для повышения надежности установки и защиты от перепадов промышленного напряжения в каждом блоке питания был установлен блок защиты, содержащий микропроцессорное управление. При помощи PIC процессора контролировалось качество входного напряжения, ток анода каждого магнетрона, состояние первичных и вторичных обмоток трансформаторов анодного питания, температура анодного блока магнетронов. Регулировка мощности СВЧ нагрева производилась путем периодических включений – выключений магнетронов. Микропроцессорный блок также обеспечивал включение магнетронов в моменты времени, в которые переменное сетевое питающее напряжение было равно нулю для уменьшения бросков тока в первичных обмотках трансформаторов. Предприятие изготовитель магнетронов для такого режима работы разрешило непрерывную работу приборов в течение промежутка 23 часа.

Процесс сушки контролировался по температуре нагрева обрабатываемого материала, влажности воздуха в камере нагрева и по длительности процесса. Управление технологией сушки производилось внешним блоком управления в зависимости от указанных показателей и вида обрабатываемого материала. Транспортная тележка с обрабатываемым материалом в процессе обработки непрерывно перемещалась по оси камеры с периодом 0,5 часа на расстояние в 3 длины волны микроволнового излучения, что обеспечивало выравнивание греющей мощности по объему обрабатываемого материала.

Также выполнены разработки установок микроволнового нагрева с малым энергопотреблением, например, проведена разработка технологии спекания межэлектродного стеклогерметика автомобильных свечей зажигания [3]. Стеклогерметик массой в несколько грамм помещается внутрь фарфорового корпуса свечи зажигания в разрыве центрального электрода и

выполняет функции нелинейного резистора, передающего искровой ток и обеспечивает искрозащиту автомобильного электрооборудования. Существующие технологии для отверждения стеклогерметика предусматривают нагрев собранных свечей в электрических печах в течение нескольких часов, при этом происходит поверхностное окисление электродов и значительные потери энергии нагрева из-за рассеяния. Разработанная технология микроволнового нагрева позволяет исключить эти недостатки. Спекание стеклогерметика производится в малогабаритной СВЧ камере за время нескольких минут, за которые стеклогерметик переходит в жидкотекучее состояние. Затем к электродам свечи прикладывается механическая нагрузка, обеспечивающая их сближение, и в таком состоянии обеспечивается термостатирование свечи на время, достаточное для отверждения стеклогерметика. Весь процесс, при этом, можно реализовать на роторной конвейерной линии.

В [4] предложена и исследована технология отверждения абразивных шлифовальных кругов, в которых в качестве связующего используется бакелитовая смола. Процесс предусматривает СВЧ нагрев партии кругов до температуры бакелизации, выдержку на время протекания реакции отверждения, охлаждение до безопасной температуры. Из-за высокой скорости выполнения нагрева наблюдается значительное снижение энергозатрат по сравнению с традиционными технологиями. Энергозатраты уменьшаются в 4 – 6 раз.

Полученные результаты показывают высокую эффективность технологий микроволнового нагрева и позволяют рекомендовать их для промышленного применения.

Библиографический список

1. Архангельский Ю.С., Девяткин И.И. Сверхвысокочастотные нагревательные установки для интенсификации технологических процессов. Саратов: Саратов. гос. ун-т, 1983. – с. 140
2. Трефилов Н.А. Разработка комплекса аппаратуры для многофункциональных быстродействующих систем микроволновой сушки сельхозпродукции и лесоматериалов: Тезисы Всероссийской НТК Высшая школа России: Конверсия и приоритетные технологии. – М.: МАИ, 1996.
4. Пищулин К.Н., Трефилов Н.А. Способ изготовления сердечника свечи зажигания двигателя внутреннего сгорания: Патент №218786, РФ: опубл. БИ №23, 2002.
5. Веткасов Н.И., Капустин А.И., Трефилов Н.А. Способ изготовления абразивного инструмента на бакелитовой связке: Патент № 2294825, РФ: опубл. БИ №7, 2007.

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ МНЕМОСХЕМЫ ОБЪЕКТА ТЕСТИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ LABVIEW

*Волковицкий В.В.¹, Пахомов А.С.¹, Тарасенко А.П.¹, Маркин А.А.²,
Филатов С.В.², Зубков А.П.²*

*¹Кафедра информационно-измерительных систем Московского
государственного открытого университета*

*²Кафедра телекоммуникационных систем, МГТУ МИРЭА, Москва,
Россия*

Понятие «мнемосхема» широко используется в системах человеко-машинного интерфейса (ЧМИ), что обусловлено требованиями эргономики, возникающими при организации рабочего места оператора системы управления промышленной установкой или системы научного эксперимента. Термин «мнемосхема» имеет древнегреческое происхождение, связанное с понятием «запоминание», что объясняет смысл, закладываемый в это понятие в современной науке и производстве. Мнемосхема применяется в тех областях ЧМИ, где требуется простой интуитивно-понятный формат представления работы механизма или протекания технологического процесса или решения задач операторского управления, что позволяет наблюдать за выполнением основной функции объекта автоматизации. Наглядность представления процесса управления и вытекающая из нее степень контролируемости объекта управления допускает привлекать в качестве обслуживающего персонал требуемой квалификации. Как правило, мнемосхема является визуальным элементом ЧМИ, хотя в ряде вариантов реализации мнемосхем также используется система звукового (аудио) сопровождения и/или оповещения о нештатных/аварийных ситуациях. ЧМИ состоит из устройств ввода и вывода для обеспечения взаимодействия между оператором и программным обеспечением (ПО) и определяет способ отображения данных и подачи команд системе. Для вывода обычно используют графический дисплей (для данных в режиме реального времени) или принтер (для записанных событий или отчетов). Устройства ввода, как правило, – клавиатура и мышь.

В основе представления любой мнемосхемы лежит внутренняя структура объекта управления с требуемой степенью детализации, отражающей физические или технологические особенности данного объекта. Структура объекта состоит из статических и динамических элементов. Динамические элементы предназначены для визуального сопровождения процесса работы объекта управления, и включают в себя следующие приемы визуализации, заключающиеся в изменении:

- цвета элемента, например, красный цвет служит для привлечения внимания оператора («нештатная ситуация», «авария»), а зеленый цвет обозначает нормальный режим работы;
- положения элемента относительно статической структуры мнемосхемы – отражает реальное изменение внутренней структуры в процессе работы объекта (перемещение подвижных блоков, открытие/закрытие клапанов);
- размеров элемента – это отражает процесс выполнения объектом функции управления.

Вместе с тем количество и темп обновления состояний динамических элементов не должно приводить к потере восприятия оператором процесса управления объектом управления. В задачи мнемосхемы может входить и выполнение анализа текущей ситуации и выдача интегральной оценки по состоянию объекта (в текстовом или графическом виде). Ниже рассматривается вариант реализации мнемосхемы работы автоматики подвесного агрегата заправки (ПАЗ), используемого в средствах воздушной заправки летательных аппаратов. Этот агрегат представляет собой типовой объект промышленной автоматики, на примере которого будет рассмотрена методика создания мнемосхемы. В качестве программного средства используется система программирования LabView фирмы National Instruments [1].

Рассмотрим структуру прикладной программы системы тестирования и место в нем разрабатываемой мнемосхемы агрегата ПАЗ. В данной структуре реализован общепринятый подход, используемый при создании программно-аппаратных комплексов, имеющих ЧМИ. К этой области относятся различные управляющие комплексы систем управления, системы автоматизированного контроля, программное обеспечение пультов, терминалов управления и т.п. Разработка ПО такого рода ведется либо на базе алгоритмического языка высокого уровня с использованием специальных программных расширений, либо с привлечением программных средств визуального программирования. Одним из наиболее ярких примеров такого подхода является система программирования LabView. В системе программирования LabView каждое создаваемое приложение состоит из двух частей – лицевой панели, т.е. той части, которая видна оператору и содержит необходимый набор управляющих и индикаторных элементов, с помощью которых оператор может управлять процессом работы ПО, и блочной диаграммы, содержащей сам алгоритм работы ПО и каналы обмена командами и данными между составными элементами как лицевой панели, так и блочной диаграммы.

При разработке программно-аппаратной системы управления с ЧМИ, как правило, придерживаются трехуровневой структуры ПО системы управления. Каждый уровень характеризуется собственным набором выполняемых на нем функций и используемых структур данных. Не углубляясь в технологии разработки ПО, можно утверждать, что такой подход помогает создать необходимую степень абстракции ПО, при которой каждый уровень ПО предоставляет тот необходимый набор функций и данных, который достаточен для работы функций ПО верхнего уровня. Вытекающая

из этого модульность структуры ПО позволяет создавать функции, допускающие свое использование в аналогичных проектах, а также внедрение в создаваемое ПО готовых функций из других проектов.

На верхнем уровне ПО разрабатываемой системы находятся функции пользовательского интерфейса (собственно панель оператора) и обобщенные процедуры для автоматизированного выполнения контроля, тестирования или управления объектом в том виде, какими их представляет оператор. Данные процедуры могут быть представлены в виде, например, последовательности действий или сценария (скрипта) на специальном языке, описывающего алгоритм работы системы. Пользовательский интерфейс ПО верхнего уровня может состоять из нескольких виртуальных панелей оператора, выбор которых производится оператором в зависимости от текущего режима работы. Панели оператора включают в себя все необходимые подпанели, управляющие элементы (кнопки), меню и окна отображения, а также диалоги настройки работы ПО. На верхнем уровне ПО происходит запуск заданных алгоритмов тестирования, получение данных, анализ и вывод их на экран.

Средний уровень ПО содержит исполняющие алгоритмы системы управления, функции управления ПО нижним уровнем и передачи команд и данных между ПО верхнего и нижнего уровней. Нижний уровень – уровень драйверов устройств, на котором выполняются только низкоуровневые операции ввода-вывода, опрос первичных преобразователей и функции управления исполнительными устройствами системы управления. Обработка всех ошибок и аварийных ситуаций в работе создаваемого ПО должна выполняться на верхнем уровне. В этом случае выводится соответствующее сообщение и оператор должен принять решение о своих действиях в соответствии с инструкцией по эксплуатации комплекса.

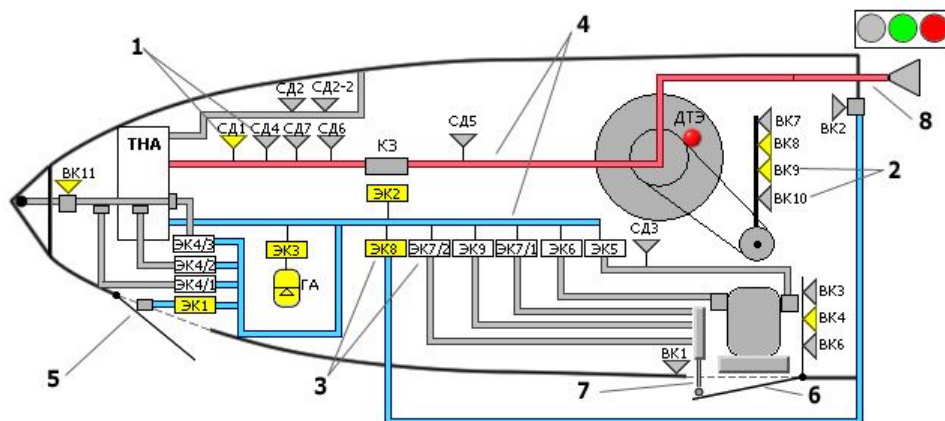


Рис. 1 Общий вид мнемосхемы

Внешний вид мнемосхемы агрегата ПАЗ показан на рисунке 1. Описываемая мнемосхема должна располагаться на верхнем уровне системы тестирования агрегата ПАЗ. С точки зрения системы LabView создаваемая мнемосхема должна представлять собой виртуальный инструмент, расположенный на лицевой панели и имеющий необходимые входные и выходные каналы данных и управления на панели. В функции мнемосхемы вхо-

дит отображение состояния агрегата ПАЗ в реальном масштабе времени в соответствии с текущим состоянием данных аппаратуры тестирования ПАЗ. Рассмотрим особенности виртуального инструмента мнемосхемы агрегата ПАЗ. Элементы, входящие в состав мнемосхемы, относятся к нестандартным для системы программирования LabView и имеют специфическое поведение, которое определяется алгоритмом работы агрегата ПАЗ. Поэтому в ходе создания мнемосхемы агрегата ПАЗ потребовалось создать специальные элементы, которые отсутствуют в составе библиотек виртуальных инструментов LabView. Данные элементы представляют собой различные визуальные средства для отображения состояний реальных элементов автоматики.

Эти элементы можно классифицировать по следующим признакам:

- статические элементы, имеющие два или более состояний (световые сигнализаторы, «включено/выключено» и т.д.);
- динамические элементы, имеющие несколько непрерывных или дискретных состояний (створки, задвижки и пр.).

Основной проблемой на данном этапе работ было создание визуальных элементов автоматики агрегата ПАЗ. Например, одним из таких элементов является сигнализатор давления СД (рис. 1, поз.1). Поскольку из принципа работы сигнализатора было известно, что данный элемент принимает всего два состояния («включено» и «выключено») было решено использовать в качестве основы бинарный элемент «Round Led» из библиотеки Modern → Boolean (здесь и далее идут ссылки на стандартные библиотеки системы программирования LabView), который также имеет два аналогичных состояния. Изменение внешнего вида элемента производится посредством режима редактирования виртуального инструмента (контекстное меню Advanced → Customize), с помощью которого меняется внешний вид элемента. Целью в данном случае являлось создание нестандартного или, другими словами, пользовательского элемента управления на основе стандартного (библиотечного) элемента «Round Led». Новый элемент управления сохраняется в виде файла .ctl, и в целях повторного использования может быть добавлен в палитру управляющих элементов. В процессе работы данный элемент может быть размещен на лицевой панели виртуального инструмента, в данном случае – создаваемой мнемосхемы. Таким образом, был получен новый шаблонный элемент (в терминологии системы программирования LabView – control или элемент управления), который в дальнейшем может быть многократно использован в аналогичных системах. Аналогично созданы элементы «концевой выключатель» (ВК) (рис. 1, поз. 2) и «электромагнитный клапан» (ЭК) (рис. 1, поз. 3), т.к. они имели два дискретных состояния.

По другому обстояло дело с каналами топливной и гидравлической систем, которые показаны в виде прямых линий с угловыми элементами (рис. 1, поз. 4). Эти элементы также должны иметь возможность изменения цвета внутренней заливки. Для их создания использовались бинарные элементы различной конфигурации: горизонтальный и вертикальный отрезок,

различные виды изгибов. Таким образом канал любой конфигурации можно создать из набора готовых бинарных элементов. В таком подходе есть и плюсы и минусы. С одной стороны, набор простейших элементов позволяет создать канал любой геометрической формы, но с другой стороны, чтобы, например, включить или выключить данный канал, необходимо отправить соответствующую команду каждому из элементов, входящих в его состав.

Основное отличие элемента «Створка» (рис. 1, поз. 5, 6) от бинарных элементов – это динамические изменения их размеров, положения и цвета. Данный элемент был создан на основе библиотечного элемента «Dial» из папки Modern → Numeric. В данном случае достаточно было удалить лишние составные части элемента – фон, тень и т.п. – и скрыть шкалы значений. Объект «Створка» создан из имеющейся стрелки данного элемента «Dial», которая была удлинена и окрашена в нужный цвет. Управление получившимся новым элементом должно было осуществляться с помощью задания значений из заранее определенного ряда, соответствующих требуемым положениям створки.

Объект «Шток» (рис. 1, поз. 7) создан на основе элемента «Slide» из папки Modern → Numeric. Для создания объекта «Шток» необходимо было видоизменить элемент «Slide», первоначально инвертировав его шкалу, и затем перейти в режим редактирования элемента. Смысл данной операции состоял в том, чтобы использовать элемент заполнения (между нулевым отсчетом и ползунком) для реализации подвижной части штока. В режиме редактирования была выполнена замена изображения элемента заполнения на «цилиндр» «штока», изображение треугольного ползунка было заменено на изображение «головки» «штока», а остальные декоративные элементы были удалены. Таким образом, в результате был получен объект, с движущейся в вертикальном направлении нижней частью. Аналогичным образом был создан элемент «Конус» (рис. 1, поз. 8). Для его создания использовался горизонтальный элемент «Slide», в котором ползунок был заменен на изображение конуса. Особенностью элемента «Конус» является управление цветом горизонтального элемента. Управление осуществляется посредством задания значений внутренним свойствам созданного элемента «Конус», а именно «Цвет фона» (FillColor) и «Цвет лицевой части» (FGColor), которым передается численное значение цвета в требуемом формате. После создания набора новых элементов все они были помещены в библиотеку LLB и размещены на панели инструментов (Controls) системы программирования LabView с целью быстрого доступа к ним. Помимо создания специфических элементов автоматики агрегата ПАЗ, разработка мнемосхемы имела ряд особенностей и при проектировании блочной диаграммы мнемосхемы.

Следует заметить, что мнемосхема является законченным виртуальным инструментом, который можно использовать как самостоятельно, так и включать в состав другого измерительного комплекса. С точки зрения основной программы с мнемосхемой, ее виртуальный инструмент является

«черным» ящиком, управление которым выполняется исключительно через входной интерфейс, с помощью которого происходит посылка данных из основной программы в мнемосхему. Для размещения мнемосхемы на лицевой панели прикладной программы необходимо использовать элемент «SubPanel», в котором будет размещена мнемосхема. Размер элемента «SubPanel» программно настраивается под размер мнемосхемы. После выполнения всех отладочных мероприятий разработанная мнемосхема может быть использована как элемент визуализации технологического процесса в составе прикладной программы с отображением состояния агрегата ПАЗ в реальном масштабе времени (рис. 2).

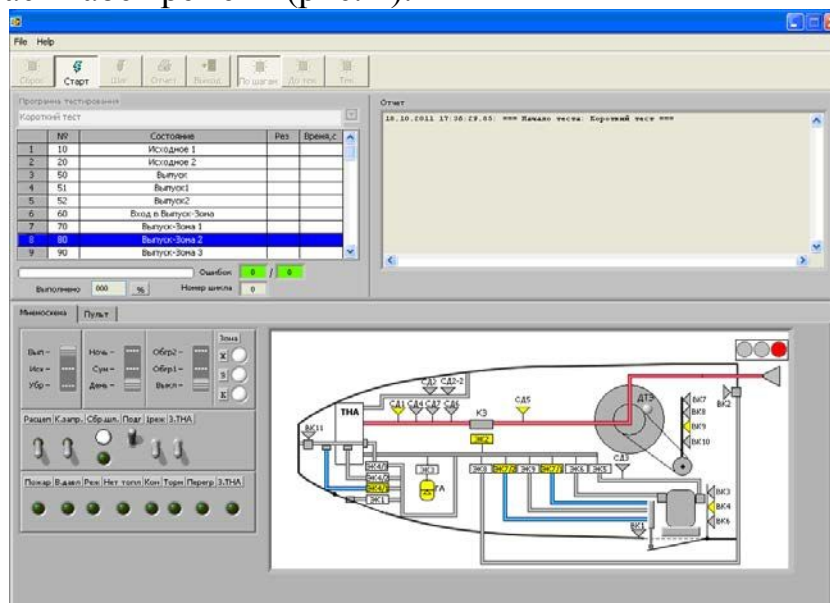


Рис. 2 Окно программно-аппаратного измерительного комплекса

Заключение

Для реализации мнемосхемы, иллюстрирующей работу автоматики подвесного агрегата заправки (ПАЗ), был разработан набор визуальных элементов, специфичных для создаваемой мнемосхемы. В качестве основы для разработки данных элементов были взяты стандартные элементы управления системы программирования LabView. С помощью разработанных элементов была создана мнемосхема работы автоматики агрегата подвесного агрегата ПАЗ. Мнемосхема представляет собой законченное решение, имеющее специфицированный интерфейс передачи данных и допускающая свою интеграцию в отдельную прикладную программу системы программирования LabView. После тестирования и отладки в составе тестирующей программы, модуль мнемосхемы агрегата ПАЗ может быть использован в составе прикладной программы тестирования или моделирования работы агрегата ПАЗ.

Библиографический список

1. Система программирования LabView. National Instruments.

СТОХАСТИЧЕСКАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ БИПОЛЯРНОГО ПРЯМОУГОЛЬНОГО СИГНАЛА

Решетняк С.А., д.ф.-м.н., профессор, Третьяков Г.Н., к.т.н., доцент, кафедры телекоммуникационных систем, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В работе исследуется процесс взаимодействия сигнала и шума в нелинейном активном фильтре первого порядка [1], выходное напряжение u на ёмкости которого описывается следующим уравнением:

$$R_n C \frac{du}{dt} + (1 - R_n A)u + R_n B u^3 = A(t) + \xi(t), \quad (1)$$

где A и B - параметры общей вольт-амперной характеристики системы двух одинаковых туннельных диодов с постоянными источниками напряжения смещения, R_n и C - величины сопротивления нагрузки и ёмкости, $A(t)$ и $\xi(t)$ - детерминированный сигнал и шум – стационарный гауссовский случайный процесс.

Уравнение (1) в случае гармонического сигнала $A(t)$ и кубической нелинейности, которая реализуется при $R_n = A^{-1}$, было исследовано численными методами в [2] и на основе реального эксперимента в [1]. В результате было обнаружено, отношение сигнала/шум (S/N) на выходе фильтра в $1.3 \div 1.4$ раза превышает входное отношение S/N . При этом S/N определялось отношением интенсивности сигнала к спектральной плотности шума вблизи сигнала. Эффект имеет пороговый характер по амплитуде сигнала и объясняется подавлением шума входным сигналом [3]. В данной работе эффект стохастической фильтрации анализируется в случае биполярного периодического сигнала, изображённого на рис. 1.

После введения масштабов по напряжению $u_M = (BR_n)^{-1/2}$ и времени $t_M = R_n C$ безразмерное уравнение (1) при $R_n = A^{-1}$ было исследовано численными методами в среде Matlab. Поскольку прямоугольный сигнал имеет определённый спектр гармоник, то в отличие от [2] S/N как на входе, так и на выходе фильтра определялось отношением интенсивности сигнала к средней интенсивности шума:

$$S / N = \sum_k |A_{(2k-1)s}|^2 / \sum_{n \neq (2k-1)s} |A_n|^2, \quad (2)$$

где $|A_{(2k-1)s}|$ - амплитуды гармоник биполярного прямоугольного импульса, а $|A_n|$ - амплитуды гармоник при одновременном воздействии на систему сигнала и шума.

Исследования проводились при постоянной интенсивности шума и параметрах фильтра, совпадающих с экспериментальными значениями [1]. Фильтрующие свойства нелинейной системы характеризовались коэффициентом передачи

$$q = (S / N)_{\text{вых}} / (S / N)_{\text{вх}} , \quad (3)$$

т.е. отношением S/N на выходе фильтра к его значению на входе.

При данном определении (2) после фильтрации сигнала в нелинейном фильтре выходное отношение S/N существенно превышало аналогичное отношение на входе фильтра и, соответственно, коэффициент передачи принимал большие значения. Поэтому полученные результаты сравнивались с данными для линейного фильтра или RC-цепи.

Для определённой длительности сигнала $\eta = \tau_c / T_c$, нормированной на период сигнала T_c , результаты анализа q в зависимости от амплитуды импульса и его частоты имеют тот же характерный вид, что и в случае [2] гармонического сигнала на входе фильтра. Однако, зависимости q от длительности импульса показали, что фильтрующие свойства нелинейной системы выше, чем у линейной для $\eta = 0.5$ или для биполярного сигнала типа миандра. Для других значений η коэффициент передачи S/N незначительно отличается от данных для линейного RC - фильтра, что изображено на рис. 2.

Анализ q в зависимости от частоты миандра представлен на рис. 3. Из него следует, что фильтрующие свойства нелинейной системы в области низких частот сигнала больше в 4÷5 раз по сравнению с линейным RC - фильтром. Зависимость q от амплитуды миандра, представленная на рис. 4, указывает на существование оптимальных значений его амплитуды, определяемых параметрами фильтра, а также на наличие пороговых значений амплитуд.

Таким образом, проведённое исследование показало, что основные закономерности, присущие эффекту стохастической фильтрации в случае синусоидального сигнала, сохраняются и при биполярных прямоугольных периодических воздействиях той же частоты. Из проведённого анализа также следует, что существуют параметры биполярного сигнала и нелинейного фильтра, при которых нелинейная система обладает высокими фильтрующими свойствами по сравнению с линейной системой. В работе не варьировались интенсивность шума и постоянная времени фильтра. Зависимости коэффициента передачи от этих величин также представляет определённый интерес и требует дальнейшего исследования.

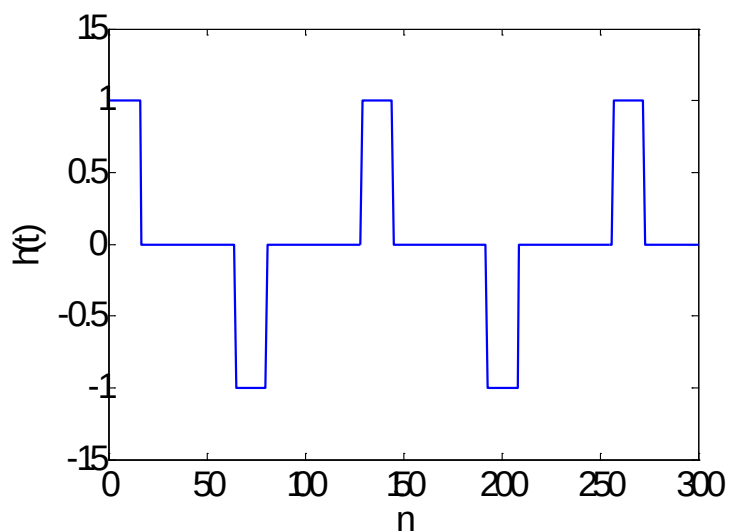


Рис. 1 Форма сигнала на входе фильтра в зависимости от времени $t_n = \Delta t \cdot n$. Параметры сигнала: $h=1$, $\eta=0.125$ и частоты $f_c = 78 \text{ кГц}$

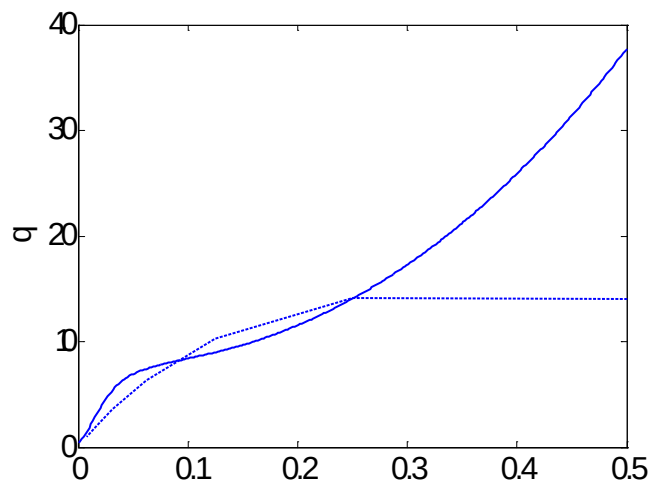


Рис. 2 Зависимость q от длительности импульса η для его частоты $f_c = 78 \text{ кГц}$. Сплошная кривая – результаты в случае нелинейного фильтра, пунктирная кривая – данные для линейного RC-фильтра

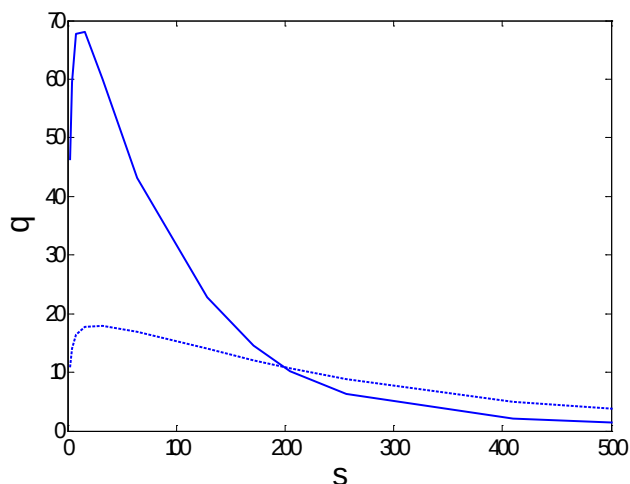


Рис. 3 Коэффициент передачи q в зависимости от частоты $f_c = 610s \text{ Гц}$ миандра для $h=0.4$. Сплошная кривая – результаты в случае нелинейного фильтра, пунктирная кривая – данные для линейного RC-фильтра

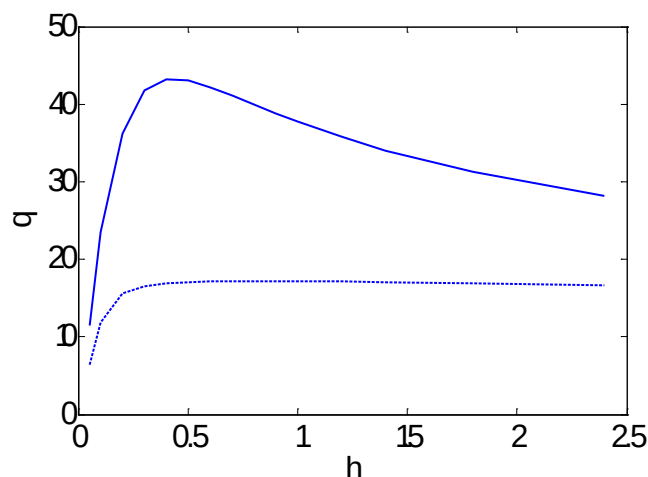


Рис.4 Зависимость коэффициента передачи q от амплитуды миандра для его частоты $f_c = 39\text{кГц}$. Сплошная кривая – результаты в случае нелинейного фильтра, пунктирная кривая – данные для линейного RC-фильтра

Библиографический список

1. Домбровский А.Н., Решетняк С.А. // Радиотехника, 2007, №9. – с.19.
2. Hanggi P., Inchiosa M.E., Fogliatti D., Bulsara A.B. // Phys. Rev. E, 2000, v.62, No.5. – p.6155.
3. Решетняк С.А., Третьяков Г.Н. // Радиотехника и электроника, 2013, т. 58, №4.

УДК: 621.396.621.59

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛОВ В УСТРОЙСТВЕ ПОИСКА ШИРОКОПОЛОСНОГО СИГНАЛА

**Баланов М.Ю., к.т.н., Храмцов Д.П.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия**

Активное применение широкополосных сигналов в системах связи приводит к необходимости оценки эффективности методов их синхронизации в приёмном устройстве. Одним из основных методов первоначального этапа синхронизации является метод последовательного поиска [1,2], который успешно используется, например, в стандарте CDMA [3]. Одним из критических параметров процесса синхронизации является скорость вхождения в синхронизм [4]. Этот параметр зависит от вероятности ложной тревоги и вероятности пропуска сигнала, которые, в свою очередь, зависят от статистических характеристик сигнала решающей статистики на входе по-

рогового устройства. Превышение сигнала решающей статистики порогового уровня означает частичное совпадение сигнала опорного генератора и принимаемого сигнала по коду. Наиболее важными из статистических характеристик являются первые два момента распределения решающей статистики: математическое ожидание и дисперсия. Далее для удобства вместо величины дисперсии используется среднеквадратическое отклонение. Считая, что на вход порогового устройства поступает аддитивная смесь полезного широкополосного сигнала и белого гауссовского шума ранее были получены выражения для вычисления указанных моментов решающей статистики [5]. В реальных условиях приема часто оказывается, что отношение мощности сигнала к мощности помехи на входе приемного устройства меняется со временем, а в некоторых случаях является неизвестной величиной. В связи с этим, встаёт вопрос о минимальном потенциально достижимом времени вхождения в синхронизм при различных отношениях сигнал/шум. Для ответа на данный вопрос необходимо изучить влияние изменения отношения сигнал/шум на статистические характеристики решающей статистики. Кроме того, в реальных задачах помехи могут быть негауссовыми. В таком случае одним из основных способов определения статистических характеристик является математическое моделирование.

Схема энергетического обнаружителя широкополосного сигнала приведена на рис. 1.

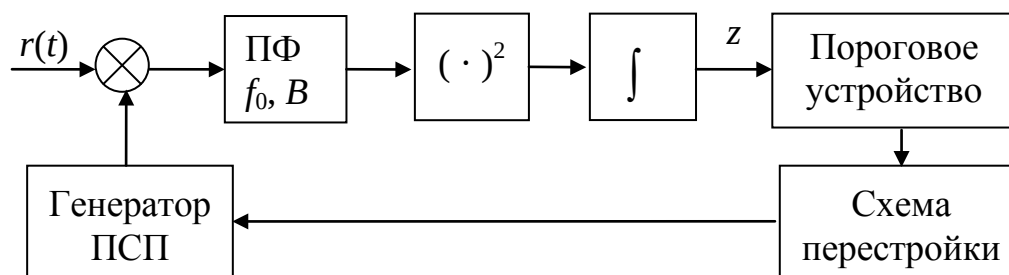


Рис. 1 Структурная схема устройства поиска

В работе получены экспериментальные зависимости математического ожидания и среднеквадратического отклонения сигнала решающей статистики устройства поиска широкополосного сигнала при отсутствии синхронизма с учётом утечки сигнала за счёт бокового лепестка автокорреляционной функции псевдослучайной последовательности (ПСП). Численное моделирование проводилось для случая прямого расширения спектра узкополосного информационного сигнала с минимальной частотной манипуляции (МЧМ) на несущей частоте 39 МГц для отношения сигнал/шум в диапазоне от -20 до 20 дБ. В качестве расширяющей псевдослучайной последовательности использовалась М-последовательность длиной 1023 элемента. Скорость манипуляции ПСП составляла 15 Мбит/с. В основу математической модели положен алгоритм последовательного поиска [1], а устройство поиска строилось по аналогии с [5].

Математическая модель разработана на языке Си с учетом возможности параллельного выполнения программы моделирования на многоядерном графическом процессоре.

Теоретические математическое ожидание и дисперсия определялись с помощью следующих выражений [5]:

$$m_z = \frac{A_c^2}{2 \cdot M} \left(\frac{T_c - \delta}{T_c} \right)^2 + \left(N_0 + \frac{A_c^2 \delta^2}{2T_c} + \frac{A_c^2}{4} (T_c - 2\delta) \right) B.$$

$$D_z = \frac{\left(N_0 + \frac{A_c^2 \delta^2}{2T_c} + \frac{A_c^2}{4} (T_c - 2\delta) \right)^2 B}{T_{\text{int}}} + \frac{A_c^2 \left(1 - \frac{\delta}{T_c} \right)^2 \left(N_0 + \frac{A_c^2 \delta^2}{2T_c} + \frac{A_c^2}{4} (T_c - 2\delta) \right)}{MT_{\text{int}}}.$$

Здесь: $M = 1023$ – период повторения ПСП, $\delta=0$, сдвиг опорной ПСП и ПСП принимаемого сигнала, $T_c=1/(15 \text{ МГц})$ – длительность одного символа ПСП, $T_{\text{int}}=10MT_c$ – время интегрирования, $B = 35 \text{ кГц}$ – полоса пропускания полосового фильтра ПФ, $f_s=16000 \text{ Гц}$ – частота манипуляции узкополосного сигнала МЧМ, N_0 – спектральная плотность мощности шума. Отношение сигнал/шум определяется как отношение мощности полезного сигнала к мощности шума в полосе частот 35 МГц .

При малых отношениях сигнал/шум теоретические зависимости меняются слабо. Такое же поведение наблюдается при больших отношениях сигнал/шум. Наибольший рост математического ожидания и среднеквадратического отклонения отмечается в диапазоне от -10 дБ до 10 дБ . В связи с этим при проведении вычислительных экспериментов значения в этом диапазоне регистрировались с меньшим шагом: от -10 до 10 дБ — с шагом 0.5 дБ , а в диапазонах от -20 до -10 и от 10 до 20 дБ — с шагом 1 дБ . Для каждого шага фиксировалось по 200 значений. На основе полученных данных вычислялись значения математического ожидания (рис. 2) и среднеквадратического отклонения решающей статистики (рис. 3).

При малых отношениях сигнал/шум шумы преобладают над полезным сигналом, и математическое ожидание меняется слабо, а среднеквадратическое отклонение обусловлено преимущественно шумовыми флуктуациями. Когда мощность полезного сигнала начинает превосходить мощность шума, то математическое ожидание монотонно возрастает. Среднеквадратическое отклонение также возрастает, так как начинает сказываться влияние собственных шумов сигнала. При достаточно больших отношениях сигнал/шум вклад шумовой составляющей пренебрежимо мал, и рост математического ожидания незначителен. С прекращением роста мощности сигнала стабилизируется и значение среднеквадратического отклонения.

Таким образом, проведенное исследование позволило установить близкие по значению экспериментальные и теоретически зависимости. Незначительные различия могут быть вызваны тем, что модель отражает физические процессы с некоторыми приближениями.

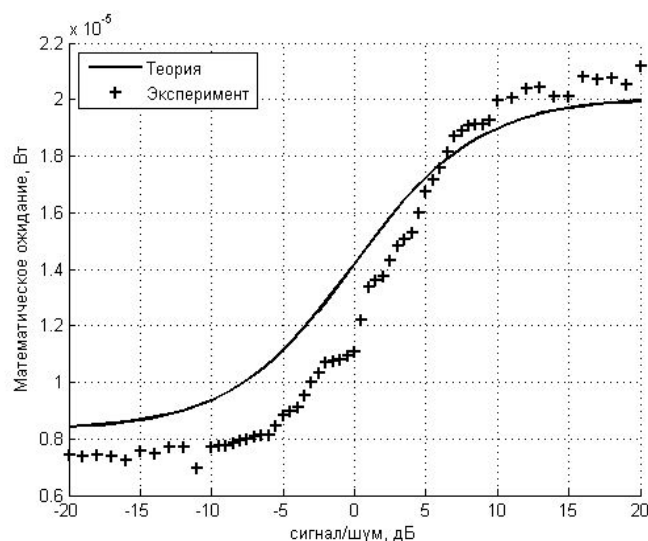


Рис. 2 Математическое ожидание решающей статистики

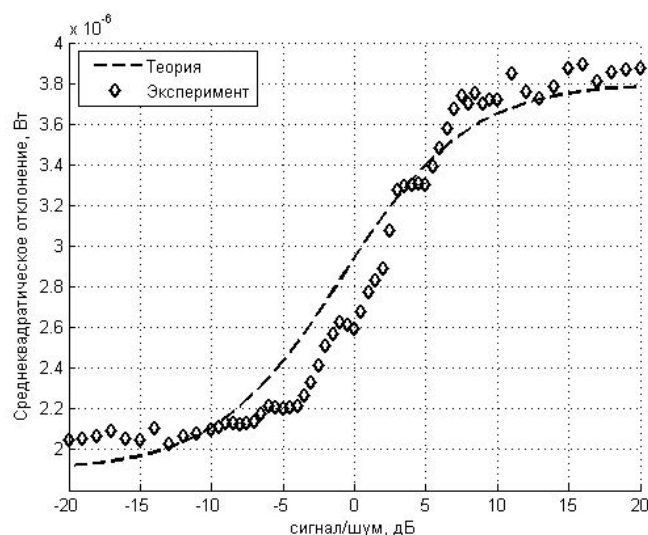


Рис. 3 Среднеквадратическое отклонение решающей статистики

Библиографический список

1. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь, 1985. — 384 с.
2. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. — 1104 с.
3. Hyung-Rae P. A serial search code acquisition technique for cellular CDMA systems // Global Telecommunications Conference. — 1998, P. 1378 – 1383.
4. Polydoros A., Weber C. A unified approach to serial search spread-spectrum code acquisition — Part I, Part II // IEEE Transactions on Communication . — 1984. — №5, P. 542-560.
5. Баланов М. Ю., Парамонов А. А. Поиск по задержке сигнала с минимальной частотной модуляцией и прямым расширением спектра // Электронный журнал радиоэлектроники. — 2012. — №12. — <http://jre.cplire.ru/jre/dec12/8/text.html>

СЕКЦИЯ №3: РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК: 621.391.82

АЛГОРИТМ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

*Азизов А.Г., аспирант
Королев А.Н., к.т.н., профессор
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Ограниченность временных и частотных ресурсов и многообразие режимов работы РЭС зачастую приводят к сложностям осуществления одновременного эффективного функционирования радиосистем и РЭС из-за возникновения непреднамеренных помех. Для решения данной проблемы прибегают к подбору и ограничению параметров РЭС (разнос по частоте и времени, использование ортогональных сигналов, пространственная развязка диаграмм направленности и т.п.) и используют конструктивные возможности (экранирование, разнос приемных и передающих антенн на максимально возможные расстояния и т.п.). При этом параметры устанавливаются единожды, что при малом количестве РЭС на объекте и не большом количестве режимов их работы не приводит к негативным последствиям. Однако в случае увеличения количества РЭС или режимов их работы становится невозможным обеспечение одновременного функционирования средств, в результате чего, возникает необходимость ограничения работы одних средств в момент работы других, что приводит к снижению общей эффективности работы радиосистем. Решить данную проблему возможно создав алгоритм управления параметрами РЭС, который позволит достигать максимальной эффективности работы системы в целом, при меняющихся внешних условиях ее работы и относительно большом количестве РЭС. Для этого используем метод вариации параметров РЭС, обеспечивающий оптимум некоторой целевой функции для каждого момента времени работы системы при одновременном выполнении условий ЭМС.

Рассмотрим детерминированный вариант управления работой радиосистемы, который предполагает выполнение определенного условия – гарантированную возможность решения поставленной для систем задачи путем выбора оптимального значения вектора параметров отдельных РЭС. В качестве оптимизируемых показателей системы в целом можно выбрать такие, которые позволят, например, расширить временной отрезок, в течение которого поставленная задача выполняется или выполнять задачу с эконо-

мией затрат. Таким показателем может служить потребляемая РЭС мощность (энергия), продолжительность занятия эфира в определенном частотном интервале, ширина занятой частотной полосы во времени и т.д. Таким образом, можем записать следующее выражение для целевой функции:

$$C_F(\bar{F}_T, \bar{F}_R) \rightarrow \min,$$

где $C_F(\bar{F}_T, \bar{F}_R) = \sum_{l=1}^{N_c} r_l \cdot R_l(\bar{F}_T, \bar{F}_R)$, r_l - весовой коэффициент для l -ого параметра, $R_l(\bar{F}_T, \bar{F}_R)$ - локальный оптимизируемый показатель (мощность, время передачи, ширина полосы, стоимость и т.д.), $\bar{F}_T, \bar{F}_R$ - векторы варьируемых параметров для передающих и приемных РЭС соответственно.

Алгоритм управления РЭС таким образом, сводится к поиску минимума целевой функции путем вариации параметров РЭС с учетом ограничений налагаемых областью их допустимых значений и условием обеспечения ЭМС для этих средств. Решение подобных задач подробно рассматривается в теории методов оптимизации и исследования операций [1], однако предлагаемые решения не предназначены для учета индивидуальных особенностей или приоритетов работы РЭС.

В основу оптимизации с учетом приоритетов положена идея максимальной консервативности системы по отношению к приоритетным РЭС и максимальная динамичность в отношении неприоритетных РЭС. Следовательно, при выполнении оптимизации выбирается группа приоритетных объектов, параметры которых подлежат вариации в последнюю очередь. Оптимизация показателей системы достигается в первую очередь за счет изменения параметров неприоритетных РЭС. Предлагаемая стратегия позволяет корректно решать общую задачу оптимизации радиосистемы и в рамках детерминированного варианта управления, и в рамках стохастического подхода, используя при этом единый метод. Следовательно, процедура поиска оптимума целевой функции должна учитывать вектор допустимых значений параметров РЭС, вектор приоритетов работы РЭС, а так же учитывать в качестве дополнительного условия соотношение, вытекающее из требований по обеспечению ЭМС:

$$d_{Rijq}(t, \omega, \bar{F}_q) \leq d_{Rj}(t, \omega),$$

где $q=0,1,2,\dots$ -текущий шаг оптимизации, $i=1,2,3,\dots$ - номер передатчика, $j=1,2,3,\dots$ -номер приемника, $d_{Rijq}(\omega, \bar{F}_q)$ - функция фактического электромагнитного воздействия на элемент РЭС, $\bar{F}_q$ -значение обобщенного вектора изменяемых параметров РЭС, $d_{Rj}(t, \omega)$ - функция допустимых внешних воздействий на приемник РЭС. Функции допустимых внешних воздействий для элементов РЭС предполагаются известными. Они должны быть предварительно определены на основании таких параметров РЭС как чувствительность приемных устройств, уровни полезных сигналов, собственные шумы приемников и т.п.

Уровни фактического электромагнитного воздействия могут быть определены по схеме, представленной на рисунке 1. Из схемы следует, что

результатирующая функция воздействия учитывает изменения, претерпеваемые помеховым сигналом при его прохождении от выхода передающего устройства до входа приемника, для которого проводится текущая оценка.

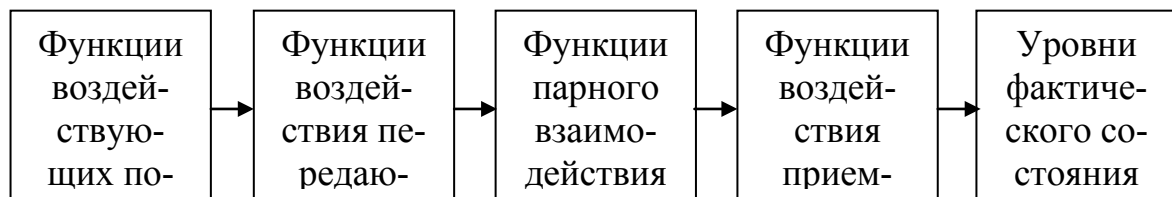


Рис. 1 Схема определения уровней фактического состояния векторов электромагнитного воздействия.

Охарактеризуем свойства элементов, входящих в рассматриваемую схему.

1. Функции воздействующих помеховых сигналов описывают сигналы на выходах передатчиков РЭС. В общем случае эти функции можно описать как $\tilde{P}_{Ti}(t, \omega_{Ti}, \Delta\omega_{Ti})$, где $i=1,2,3,\dots$ - номер передатчика, t - время, ω_{Ti} - рабочая частота, $\Delta\omega_{Ti}$ - полоса частот. Следует отметить, что все аргументы функций зависят от времени, а параметр t , дополнительно, учитывает такие параметры РЭС как длительность сигнала $T_{Ti}(t)$ и скважность сигнала $q_{Ti}(t)$. Все параметры, входящие в данные функции, могут быть включены в вектор изменяемых параметров. Таким образом, данные функции оказывают непосредственное влияние на процесс оптимизации, так как по сути выступают в роли одного из инструментов для достижения конечной цели, заключающейся в нахождении оптимума целевой функции.

2. Функции воздействия передающих антенн в общем случае имеют вид $D_{Ti}(t, \omega_{Ti}, \alpha_{Ti}, \beta_{Ti}, \Delta\alpha_{Ti}, \Delta\beta_{Ti})$, где α_i, β_i - направления главного лепестка диаграммы направленности передающей антенны по азимуту и углу места, $\Delta\alpha_{Ti}, \Delta\beta_{Ti}$ - ширина диаграммы направленности передающей антенны – как функции времени. В общем смысле данные функции описывают коэффициенты усиления передающих антенн в направлении на приемную (ту для которой мы анализируем помеховое воздействие). Параметры, входящие в данные функции, могут также использоваться в алгоритме детерминированного управления и входить в вектор изменяемых параметров.

3. Для определения функций парного взаимодействия в данном случае используется линейная модель. Удобно, если эти функции не будут зависеть от времени. Следовательно, функции должны быть рассчитаны в предположении работы с изотропными передающими и приемными антеннами. При этом в отношении частоты, следует так же ввести нормировку, т.е. определять наводимый сигнал, отнесенный к единице полосы (спектра). Функции $\epsilon_{ij}(\omega)$ могут быть аналитически определены на основе теории распространения электромагнитных волн с учетом влияния отражений и затенений от преград, имеющих на пути распространения волны от места их излучения до места приема (например, необходимо учесть влияние корпуса самолета при условии размещения приемной и передающей антенны

на его противоположенных крыльях). Однако при детальном рассмотрении данных функций зачастую приходится использовать современные САПР для расчета электромагнитных полей, к примеру, FEKO или HFSS.

4. Функции воздействия приемных антенн аналогичны соответствующим функциям для передающих антенн и имеют вид

$$D_{Rj}(t, \omega_{Rj}, \alpha_{Rj}, \beta_{Rj}, \Delta\alpha_{Rj}, \Delta\beta_{Rj}).$$

5. Уровни фактического состояния векторов воздействия с учетом описанных выше функций могут быть рассчитаны как:

$$d_{Rijq}(t, \omega, \bar{\bar{F}}_q) = \bar{P}_{Ti}(t, \omega_{Ti}, \Delta\omega_{Ti}) \cdot D_{Ti}(t, \omega_{Ti}, \alpha_{Ti}, \beta_{Ti}, \Delta\alpha_{Ti}, \Delta\beta_{Ti}) \cdot e_{ij}(\omega) \cdot \\ \cdot D_{Rj}(t, \omega_{Rj}, \alpha_{Rj}, \beta_{Rj}, \Delta\alpha_{Rj}, \Delta\beta_{Rj}).$$

На основании рассмотренных соотношений для значения оценки фактического состояния функций воздействия на элементы РЭС $d_{Rijq}(t, \omega, \bar{\bar{F}}_q)$ и вектора допустимых внешних воздействий $d_{Rj}(t, \omega)$ можно переписать ограничивающее условие для оптимизации целевой функции $d_{Rijq}(t, \omega, \bar{\bar{F}}_q) \leq d_{Rj}(t, \omega)$ в виде:

$$\bar{P}_{Ti}(t, \omega_{Ti}, \Delta\omega_{Ti}) \cdot D_{Ti}(t, \omega_{Ti}, \alpha_{Ti}, \beta_{Ti}, \Delta\alpha_{Ti}, \Delta\beta_{Ti}) \cdot e_{ij}(\omega) \cdot \\ \cdot D_{Rj}(t, \omega_{Rj}, \alpha_{Rj}, \beta_{Rj}, \Delta\alpha_{Rj}, \Delta\beta_{Rj}) \leq d_{Rj}(t, \omega).$$

В заключение следует отметить, что предложенный алгоритм детерминированного управления позволяет эффективно использовать имеющиеся ресурсы, так как его применение основано на выборе параметров РЭС обеспечивающих оптимум целевой функции при одновременном обеспечении ЭМС этих средств с учетом приоритетов их работы. В дальнейшем, при разработке стохастического варианта управления общие принципы данного метода будут сохранены и для реализации эффективного управления достаточно будет ввести в целевую функцию вероятностные показатели.

На основе предложенного алгоритма управления параметрами РЭС была создана программа математического моделирования в среде *MATHLAB*, анализ результатов работы которой подтверждают высокую эффективность предложенных методов поиска вектора оптимальных параметров.

Библиографический список

1. Методы оптимизации и исследование операций. Конспект лекций: учеб.пособие / Есипов Б.А. - Самара: Изд-во Самар. гос.аэрокосм.ун-та, 2007. - с. 180

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБНАРУЖЕНИЯ БАРЬЕРНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

Арешин Я.О., асп., МГТУ МИРЭА, г. Москва, Россия

Королев А.Н., проф., к.т.н., МГТУ МИРЭА, г. Москва, Россия

Котов А.Ф., проф., д.т.н., МГТУ МИРЭА, г. Москва, Россия

Развитие вычислительных технологий и совершенствование элементной базы в настоящее время открывают широкие возможности применения традиционных радиолокационных станций (РЛС) для решения дополнительных задач. Одна из таких задач – осуществление контроля над какой-либо областью пространства за минимально возможное время, а именно – за время одного зондирующего импульса. Такая постановка задачи требует от диаграммообразующей системы передающей фазированной антенной решетки (ФАР) РЛС способности формировать диаграмму направленности (ДН) той формы, которая наиболее соответствует зоне ответственности РЛС. Таким образом, одним из свойств РЛС барьерного типа является способность выявить факт наличия цели в любой точке контролируемой области пространства по эхо-сигналу одного зондирующего импульса.

Основным отличием РЛС барьерного типа (БТ) от обычной РЛС, как упоминалось выше, является возможность формирования ДН ФАР, как передающей, так и приемной, специфического вида. Синтезирование ДН ФАР заданной, в общем случае – произвольной, формы осуществлялось при помощи разработанного авторами алгоритма, подробно описанного в [1]. Требуемая форма ДН аппроксимировалась равновесной или неравновесной суммой «главных» лучей ДН (лучей минимальной ширины, которая определяется отношением длины волны излучаемого сигнала к размеру апертуры антенной решетки), после чего по направлениям «главных» лучей и значению их мощностей производился расчет распределения комплексной амплитуды тока по излучающим или приемным элементам ФАР (формулы (1)-(2)):

$$\operatorname{Im}(I(x, y)) = - \sum_{m=1}^{Na} \left[\frac{P_m}{\cos\left(\frac{\pi\Phi_m}{180}\right) \times \cos\left(\frac{\pi\Theta_m}{180}\right)} \times \sin \left(2\pi \frac{x \sin\left(\frac{\pi\Theta_m}{180}\right) + y \sin\left(\frac{\pi\Phi_m}{180}\right)}{\lambda} \right) \right], \quad (1)$$

$$\operatorname{Re}(I(x, y)) = \sum_{m=1}^{Na} \left[\frac{P_m}{\cos\left(\frac{\pi\Phi_m}{180}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi\Theta_m}{180}\right)} \cdot \cos \left(2\pi \frac{x \sin\left(\frac{\pi\Theta_m}{180}\right) + y \sin\left(\frac{\pi\Phi_m}{180}\right)}{\lambda} \right) \right], \quad (2)$$

где N_a – число «главных» лучей, которыми аппроксимируется ДН требуемой формы;

(Φ_m, Θ_m) – направления максимумов ДН «главных» лучей;

(x, y) – координаты излучателя на полотне антенны;

λ – длина волны излучаемого сигнала.

В качестве примера на рис. 1 приведена ДН ФАР РЛС, реализующей работу в линейном секторном барьере.

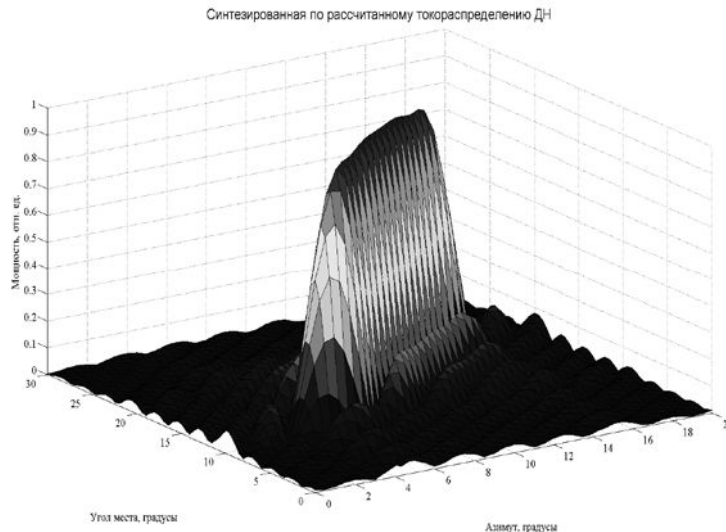


Рис. 2 Линейный секторный барьер

Выбор оптимального набора «главных» лучей для аппроксимации требуемой формы ДН (их количества, взаимного расположения и уровней их мощностей) являлся достаточно сложной задачей, поскольку именно от качества аппроксимации зависит форма синтезируемой при помощи предлагаемого алгоритма ДН.

Кроме этого, использование лучей с ДН произвольной формы может приводить к изменениям плотности потока мощности для целей, расположенных на равных высотах (на границах зоны обнаружения) при различных углах места целей. В результате параметры обнаружения оказываются зависимыми и от формы конкретной ДН, и от угла места цели. Стабилизировать параметры обнаружения можно, используя пространственную модуляцию луча по уровню излучаемой мощности, которая позволит исключить зависимость плотности потока мощности от угла места на одинаковых высотах. Для этого следует ввести «предискажения» формы ДН по мощности для различных углов места в уже сформированной ДН, с учетом требуемой аппроксимации. Корректирующий множитель может быть определен по следующим формулам

$$D_{NAC}(\Phi, \Theta) = K(\Phi) \cdot D_{NA}(\Phi, \Theta), \quad (3)$$

$$K(\Phi) = K_1(\Phi) \cdot \left(\frac{\sin \Phi_1}{\sin \Phi} \right)^4, \quad (4)$$

$$K_1(\Phi) = \frac{\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{\Phi_2}^{\Phi_1} D_{NA}(\Phi, \Theta) d\Phi d\Theta}{\pi \int_{\Phi_2}^{\Phi_1} \left(\frac{\sin \Phi_1}{\sin \Phi} \right) d\Phi}, \quad (5)$$

Здесь Φ_1, Φ_2 – минимальный и максимальный углы места в $D_{NA}(\Phi, \Theta)$;

$D_{NA}(\Phi, \Theta)$ – исходная синтезированная ДН ФАР без учета стабилизации параметров обнаружения;

$D_{NAC}(\Phi, \Theta)$ – результирующая ДН ФАР (с учетом стабилизации параметров обнаружения);

$K(\Phi)$ – корректирующий ДН коэффициент, являющийся функцией угла места.

При этом для формирования ДН с учетом корректировки параметров обнаружения необходимо иное распределение комплексных амплитуд тока по элементам ФАР. В простейшем случае это распределение также вычисляется по формулам (1) и (2), однако вместо величины P_m в первой дроби каждого из выражений следует использовать выражение

$$P_m(\Phi_m) = P_m \cdot K(\Phi_m), \quad (6)$$

где $K(\Phi_m) = K(\Phi)|_{\Phi=\Phi_m}$ – значение модулирующего коэффициента для каждого «главного» луча. Выполнение условия (5) гарантирует постоянство полной излучаемой антенной мощности, правильно распределяя ее по углу места для стабилизации параметров обнаружения.

В качестве примера приведена ДН ФАР в виде вертикального барьера с сектором заграждения (5...35) градусов. Соотношение парциальных мощностей «главных» лучей с учетом корректирующего множителя $K(\Phi)$, иллюстрирует рис. 2. Следует отметить, что в процессе моделирования при расчете парциальных мощностей дополнительно использовалась весовая функция для уменьшения уровня боковых лепестков синтезируемой ДН и сглаживания неравномерности в центральной части ДН.

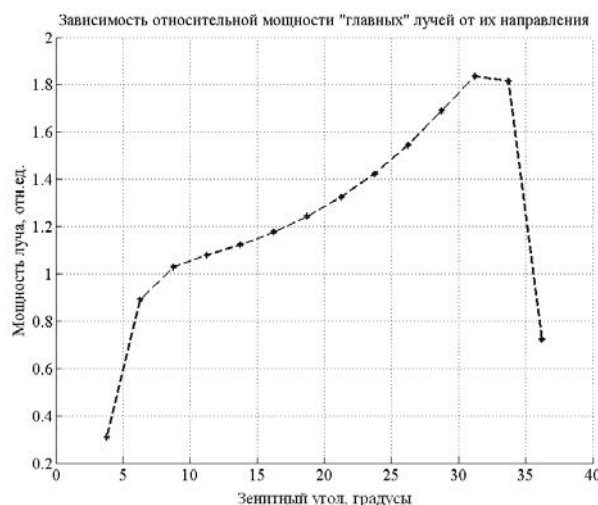
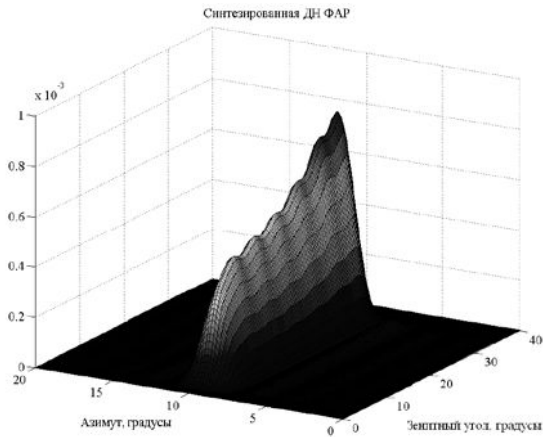
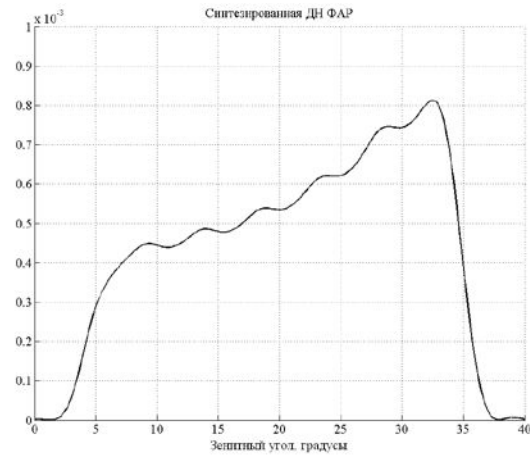


Рис. 2 Распределение мощностей «главных» лучей

Синтезированная по полученным направлениям и относительным мощностям лучей ДН делает вероятности правильного обнаружения ($P_{по}$) и ложной тревоги ($P_{лт}$) равными по всей зоне ответственности. При этом учитывается, что на границе этой зоны плотность потока мощности сигнала во всем диапазоне углов оказывается одинаковой, что стабилизирует параметры обнаружения. Внешний вид синтезированной ДН приведен на рис. 3.



а) – трехмерная картина



б) – сечение

Рис. 3 Синтезированная ДН

Внешний вид барьера, симметричного относительно нулевого зенитного угла, и мощностей «главных» лучей ДН при аппроксимации, приведен на рис. 4.

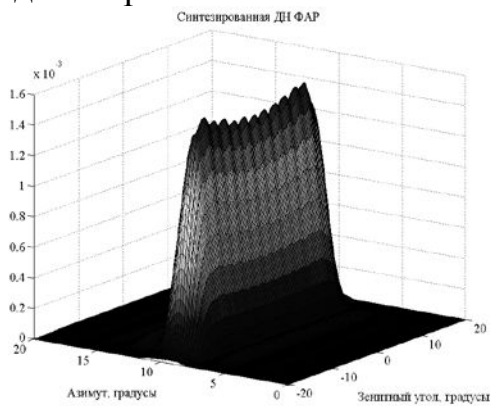


Рис. 4. Внешний вид синтезированной ДН.

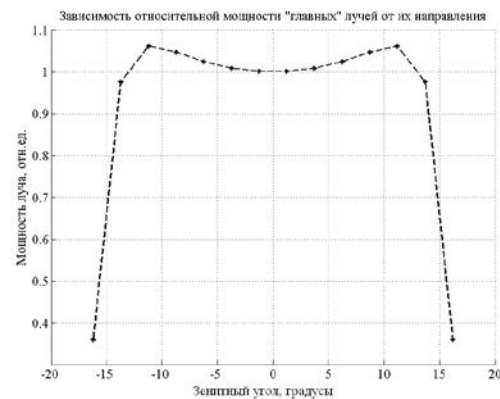


Рис. 5. Распределение мощностей «главных» лучей

Таким образом, предлагаемый авторами алгоритм формирования ДН ФАР обеспечивает контроль над произвольной областью пространства в течение одного зондирующего импульса, а учет выражения (3) при оценке параметров обнаружения позволяет использовать общеизвестные формулы для нахождения отношения $\{\text{сигнал/шум}\} / \{\text{вероятность правильного обнаружения}\}$ при сложных формах ДНА.

Библиографический список

1. Королев А.Н, Котов А.Ф., Арешин Я.О. Прямой алгоритм синтеза диаграммы направленности антенны и исследование его свойств. // Научный вестник МГТУ МИРЭА, 2013, №1 (13).

УДК: 621.396.96

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ БЛОКА СИНТЕЗИРОВАНИЯ РЛИ ДЛЯ РСА

Белоусов В.Н., аспирант, ОАО "Концерн "Вега"

Имитационного моделирования радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) предназначен для модельного сопровождения РСА на всех этапах их жизненного цикла при автономной работе или в составе сложной системы. При этом должны отрабатываться задачи как внутреннего проектирования РСА, связанные с решением вопросов его оптимизации, так и внешнего проектирования, обеспечивающие оптимизацию алгоритмов обработки информации на выходе РСА и вопросы взаимодействия РСА с другими составными частями этой системы.

Основной целью при формировании РЛИ, чаще всего, является достижение максимальной разрешающей способности и качества изображения в условиях реальных ограничений, связанных с уходом параметров принимаемого траекторного сигнала за время синтезирования, неточностью измерения и нестабильностью полетных характеристик носителя РСА, воздействием широкого спектра шумов и помех, отклонениями в формировании заданной диаграммы направленности антенны (ДНА) и характеристик приемопередающего тракта

Сложность моделирования РСА по сравнению с моделированием, например, обзорных РЛС или РЛС сопровождения определяется многими факторами. Это связано и со сложностью имитации отражений от местности и протяженных объектов и с формированием огромного потока радиолокационной информации с приемных устройств РСА (радиоголограмм - РГ). Это и пространственно-временная обработка РГ при согласованной с зондирующим сигналом фильтрации и при формировании радиолокационных изображений (РЛИ). Например, в РСА, использующем зондирующий сигнал с полосой порядка 200 МГц поток РГ с учетом двух приемных каналов (например, для сигналов разной поляризации) и формирования двух квадратурных составляющих достигает 50...100 МБ/с. Даже современные мощные ЭВМ, устанавливаемые на борту крупных летательных аппаратов (ЛА) и использующие дополнительные быстродействующие сигнальные сопроцессоры, не могут обеспечить решение этих задач в реальном време-

ни. А помимо формирования РЛИ требуется еще решить задачи обнаружения и распознавания протяженных объектов на фоне отражений от местности, что на порядки увеличивает объем требуемых вычислений по сравнению с обычно решаемой задачей обнаружения одиночной точечной цели. Поэтому в современных РСА, использующих даже специализированные вычислительные системы, как правило, в реальном масштабе времени осуществляют внутриимпульсную обработку, согласованную с зондирующим сигналом, и формируют обзорное РЛИ с худшим разрешением по сравнению с потенциально возможным, если исходить из параметров локаторирования. Затем, по обзорному РЛИ определяют интересующие точки этого обзорного РЛИ и с некоторой задержкой формируют соответствующие фрагменты детальных РЛИ. Но и при этом для оперативной обработки используются упрощенные алгоритмы, например не проводится самофокусировка, что значительно снижает качество РЛИ. Основная обработка по формированию детальных РЛИ с максимально возможным качеством проводится по записанным в память РГ в нереальном масштабе времени (на земле).

Если учесть хотя бы только перечисленные факторы, то становится понятным, что моделирование таких систем, как РСА, требует разработки специальной структуры и технологии моделирования.

В соответствии с принципами имитационного моделирования, ключевым звеном моделируемого комплекса является унифицированный программный модуль (УПМ), включающий следующие компоненты:

- входной интерфейс;
- выходной интерфейс;
- процедура (программа), преобразующая входные данные в выходные в соответствии с алгоритмом преобразования и параметрами, поступающими на вход управления;
- текстовый файл параметров управления УМП и вызова вычислительных процедур;
- вычислительный модуль с процедурами расчета параметров управления УПМ, заданием глобальных и локальных переменных;
- демонстрационные или рабочие массивы с тестовой информацией для ключевых сечений комплекса;
- программно-аппаратные входные и выходные интерфейсы для сопряжения с физическими устройствами ввода данных и анализа результатов;
- процедуры-переводчики из внешних массивов данных (служебной информации) в форматах конкретной аппаратуры (или экспериментальных нестандартизированных программ) к унифицированному списку переменных (и обратно);
- программы-методики оценки качества получаемых реальных РЛИ из архива данных РСА "Меч-КУ" КА "Алмаз-1", а также изготовление моделей радиоголограмм РСА "Стриж" МКА "Кондор-Э" с параметрами физических модулей, измеренных в ходе автономных испытаний.

Предложенная методика пригодна для имитационного полунатурного моделирования информационно-измерительных радиолокационных систем. Имитационная модель (ИМ) базируется на обратимости процедур преобразования от модели поля, сформированной по когерентному (комплексному) радиолокационному изображению (КРЛИ) к выходному КРЛИ, которые могут представляться двумя ортогональными составляющими (действительному и мнимому КРЛИ) или амплитудными АРЛИ и фазовым ФРЛИ изображениям.

Предложенный вариант построения блока ИМ предназначен для хранения полученных при предыдущих сеансах моделирования РЛИ и исходных массивов для их формирования. Это обеспечивает возможность анализа работы различных алгоритмов и действий операторов в одних и тех же условиях и, кроме того, это позволяет сократить временные затраты на подготовку данных, особенно РЛИ, осуществляемую до начала моделирования перед каждым сеансом моделирования.

Библиографический список

1. Возможности синтеза радиолокационных изображений с применением ПЛИС/ *Филатов А.А., Белоусов В.Н.*/ Сборник трудов 54-ой научной конференции МФТИ. – М.: МФТИ, 2011.
2. Цифровая обработка сигналов в РСА/ Под ред. Толстова Е.Ф. – Смоленск. Изд-во ВА ВПВО ВС РФ, 2005.
3. Радиолокационные станции с цифровым синтезированием апертуры антенны / Толстов Е.Ф., Антипов В.Н., Горяинов В.Т. [и др.] – М.: Радио и связь, 1988.
4. Даджион Д., Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988.
5. Ian G. Cumming, Frank H. Wong Digital processing of synthetic aperture radar data, 2005.

УДК: 621.396.96

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ФОРМАТА DVB-T НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Богодаров А.Ю., асп., Котов А.Ф., д.т.н. проф., Королев А.Н., к.т.н. проф., МГТУ МИРЭА, Россия

Актуальной задачей на сегодняшний день является радиолокационный контроль воздушного пространства над крупными городами РФ на малых

высотах. Для решения указанной задачи целесообразно использовать в качестве подсветки целей имеющиеся в крупном городе и работающие круглосуточно мощные источники радиоизлучений. Одними из наиболее подходящих источников являются передатчики цифровых телевизионных сигналов. Преимуществом сигнала цифрового телевидения является его широкая полоса – 8 МГц. Сигнал цифрового ТВ может формироваться в режиме «2К» с 1705 ортогональными несущими или в режиме «8К» с 6817 несущими с OFDM модуляцией. Некоторая часть несущих отводится под передачу непрерывных и распределенных пилот-сигналов, а также служебной информации. Отдельно формируемые фрагменты сигнала называются символами. Каждый символ содержит полезный интервал и защитный интервал. Наличие пилот-сигналов и защитного интервала обуславливает появление в функции неопределенности (ФН) опасных по уровню вредных составляющих. Сигнал цифрового ТВ обеспечивают лучшую на 1-2 порядка потенциальную разрешающую способность по дальности цели и лишен таких недостатков аналоговых источников подсвета, как нестабильность характеристик и неоднозначность определения дальности.

Оценка параметров ФН проводилась с рядом упрощений структуры сигнала. При построении модели ФН был использован сигнал с OFDM модуляцией. При построении модели влияние пилот-сигналов и служебной информации не рассматривалось.

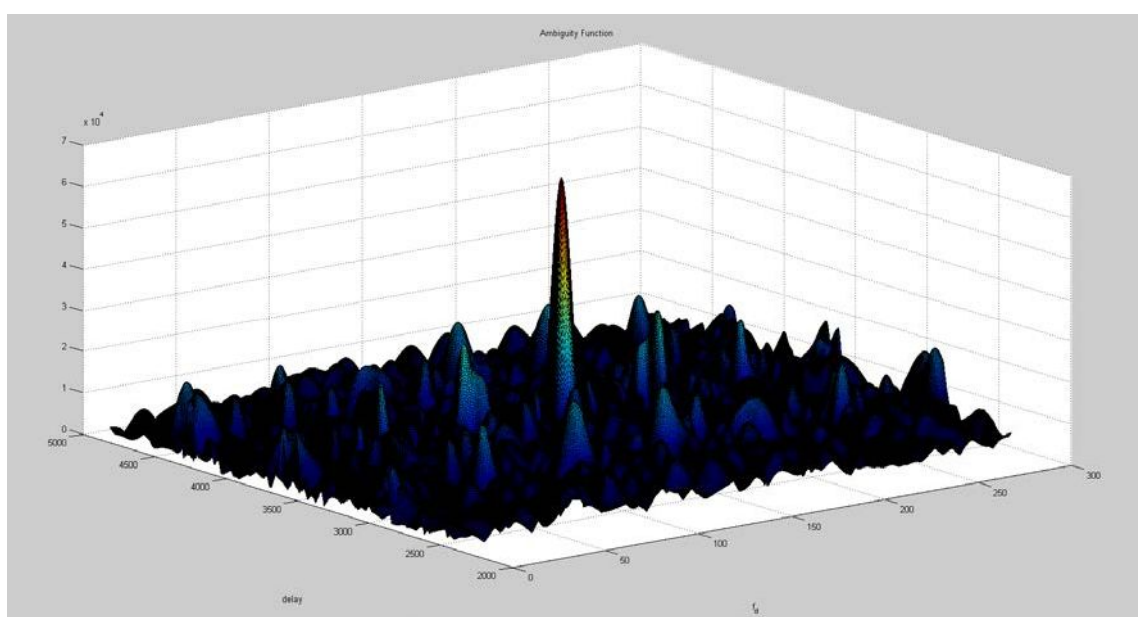


*Рис. 1 Функция неопределенности сигнала с OFDM модуляцией.
Количество несущих 16, количество символов – 5*

Для анализа изменения характеристик сигнала целесообразно перейти к рассмотрению функции автокорреляции сигнала.

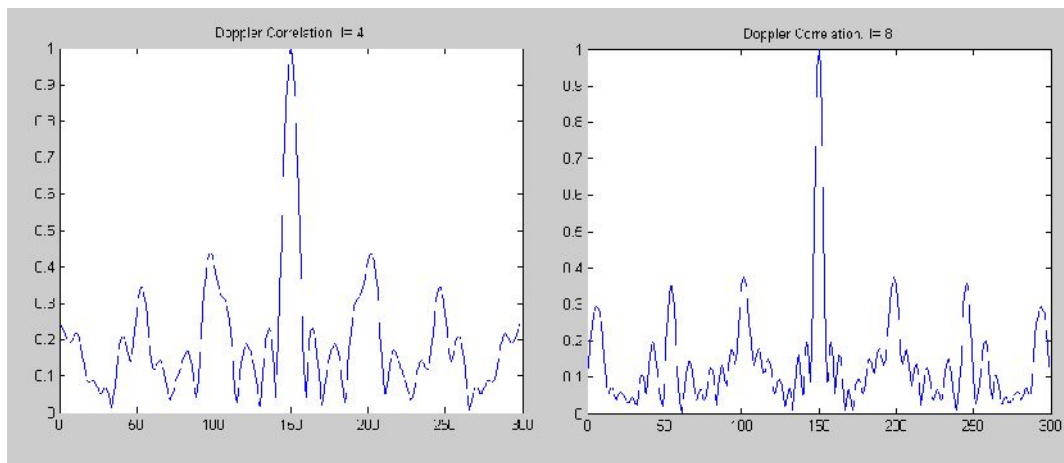


Рис. 2 Функция автокорреляции сигнала с OFDM модуляцией в частотной области. Количество символов: слева – 4, справа – 8

При увеличении количества символов в сигнальной выборке наблюдается пропорциональное уменьшение ширины центрального лепестка в частотной области, а также снижение уровня боковых пиков.

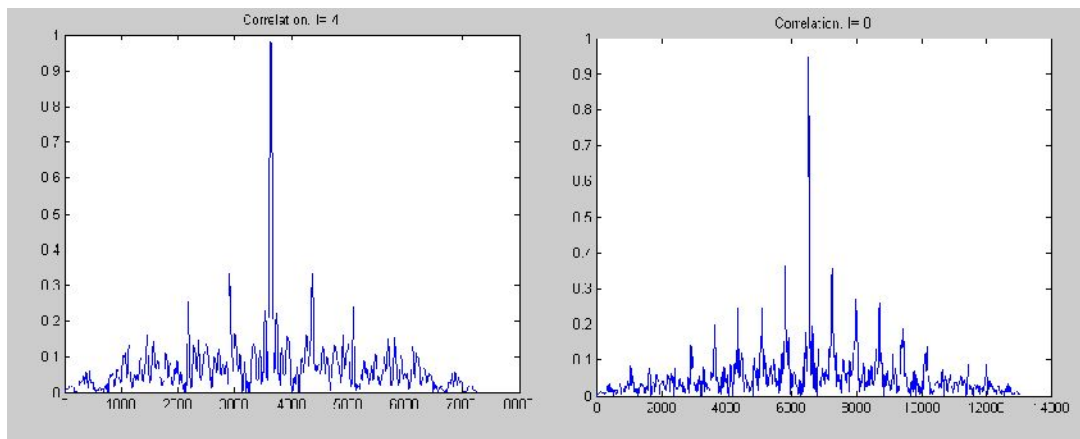


Рис. 3 Функция автокорреляции сигнала с OFDM модуляцией во временной области. Количество символов: слева – 4, справа – 8

При увеличении количества символов в сигнальной выборке наблюдается увеличение четко очерченных боковых пиков во временной области, одновременно с увеличением их уровня.

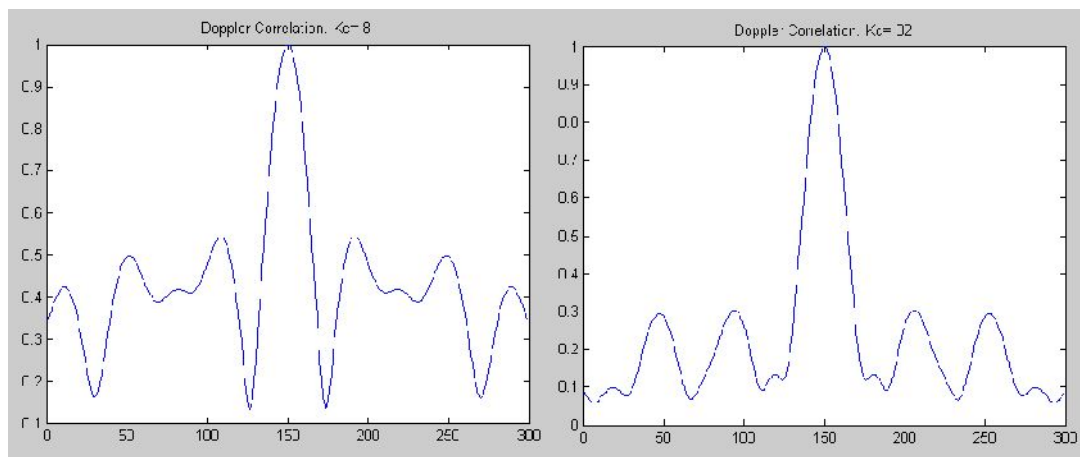


Рис. 4 Функция автокорреляции сигнала с OFDM модуляцией в частотной области. Количество несущих частот: слева – 8, справа – 32

При увеличении количества несущих частот в структуре сигнала наблюдается уменьшение общего уровня боковых пиков в частотной области. Форма и ширина центрального пика практически не изменилась.

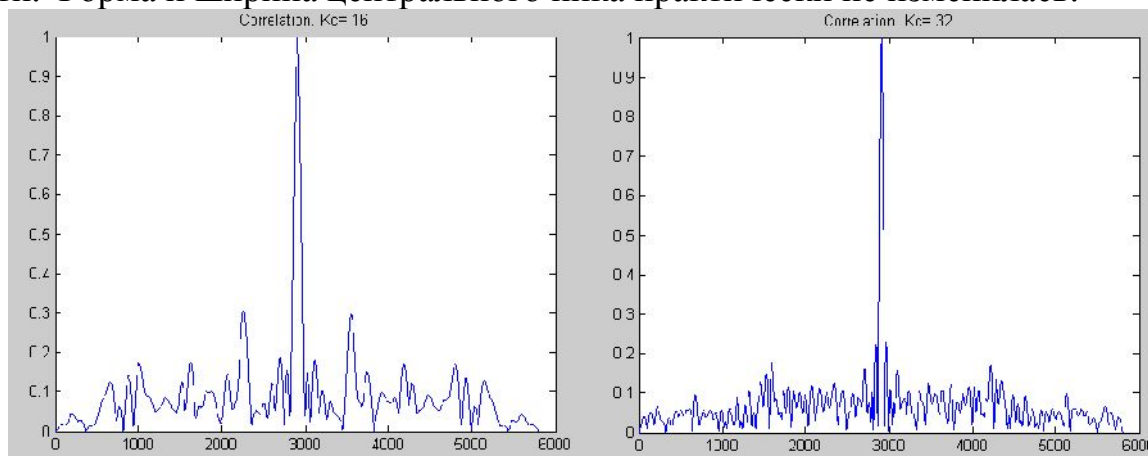


Рис. 5 Функция автокорреляции сигнала с OFDM модуляцией во временной области. Количество несущих частот: слева – 16, справа – 32

При увеличении количества несущих частот в структуре сигнала наблюдается снижение общего уровня боковых пиков во временном срезе ФН. Ширина центрального пика уменьшается пропорционально с увеличением количества несущих частот в сигнале.

Выводы

Проведенное исследование показало, что для сравнительно небольшого количества несущих частот при увеличении их количества снижается общий уровень боковых лепестков ФН, при этом основной лепесток становится уже по оси времени. Увеличение количества символов в выборке не дает исключительно положительного изменения характеристик обнаружения. К тому же, при увеличении времени накопления символов сигнала DVB-T проявляется эффект влияния пилот-сигналов на ФН, а также требуется большая производительность комплекса первичной обработки радиолокационного комплекса. В будущем целесообразно произвести сравнение ФН для режимов 2k и 8k вещания в формате DVB-T. Для упрощения приема и обработки сигналов в радиолокационном комплексе возможно введение фильтрации необходимого количества несущих частот без существенного усложнения приемного тракта РЛС.

Библиографический список

1. Семашко П.Г., Пархоменко Н.Г., Охрименко А.Е. Перспективы полуактивной радиолокации в связи с развитием служб цифрового радиовещания. Успехи современной радиоэлектроники №7 2010. – М.: Радиотехника, 2010. - с. 38-46.

2. Н. Andrew Harms, Linda M. Davis, James Palmer. Understanding the Signal Structure in DVB-T Signals for Passive Radar Detection, 2010.

3. Ширман Я. Д. Теоретические основы радиолокации. Учебное пособие для вузов. – М.: изд-во «Советское радио», 1970.

УДК: 621.396.96

МОДЕЛЬ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ЭХО-СИГНАЛОВ ДЛЯ БИСТАТИЧЕСКОЙ РЛС

*Королев А.Н., к.т.н. проф., Котов А.Ф., д.т.н. проф.,
Валуев И.В., асп., Копкин П.С., студ., Топтыгин В.С., студ.*

Для бистатической РЛС, использующей произвольный, возможно, сверхширокополосный зондирующий сигнал, предлагается модель отражений от объекта, которая описывает эхо-сигнал во временной, частотной, пространственной и поляризационной области.

Ключевые слова: модель отражающей цели, эхо-сигналы, эффективная площадь рассеяния, широкополосный сигнал.

Будем полагать, что цель занимает конечную область пространства Q_C , не является узкополосной в пространственно-временном смысле, облучается электромагнитным полем, которое порождено сигналом, в том числе, широкополосным, неравномерно перемещается в пространстве и, возможно, отдельные части цели совершают сложное движение. Рассмотрим малый элемент объема пространства $dR_C = dX_C \cdot dY_C \cdot dZ_C$, захватывающий освещенный участок поверхности цели. Пусть в выделенном объеме dR_C фрагмент цели описывается участком плоскости $\Phi(\bar{R}_C)$ с вектором нормали $\bar{N}_C$, с площадью $dS_C = S[\Phi(\bar{R}_C)] \cdot dR_C$. Площадка движется с локальной скоростью $\bar{V}_C$. В этой точке падающее электрическое поле (рассматриваемое как спектральная частотная функция, порожденная источником, находящимся в точке $\bar{R}_L$ пространства) имеет две поляризационные компоненты и может быть представлено вектором $\dot{\bar{E}}_C(t_C, \omega, \bar{R}_C, \bar{R}_L) = \begin{pmatrix} \dot{E}_{C1}(t_C, \omega, \bar{R}_C, \bar{R}_L) \\ \dot{E}_{C2}(t_C, \omega, \bar{R}_C, \bar{R}_L) \end{pmatrix}$. Наводимые на площадке токи (так же в виде спектральных функций) тоже составляют вектор

$$\begin{aligned} d\dot{\bar{I}}_C(t_C, \omega, \bar{R}_C, \bar{V}_C, \bar{R}_L) &= \begin{pmatrix} d\dot{I}_{C1}(t_C, \omega, \bar{R}_C, \bar{V}_C, \bar{R}_L) \\ d\dot{I}_{C2}(t_C, \omega, \bar{R}_C, \bar{V}_C, \bar{R}_L) \end{pmatrix} = \\ &= \{S[\Phi(\bar{R}_C)] \cdot \frac{(\bar{N}_C \cdot \bar{P}_C)}{|\bar{N}_C| \cdot |\bar{P}_C|} \cdot \dot{K}_{MC}[\omega', \Phi(\bar{R}_C)]\} \cdot \{\bar{K}_{EC}(\bar{N}_C, \bar{P}_C) \otimes \dot{\bar{E}}_C(t_C, \omega, \bar{R}_C, \bar{R}_L)\} \cdot dR_C \end{aligned} \quad (1)$$

Составляющие выражения (1) имеют следующий смысл:

- $\omega' = \omega + \omega'_D(\omega, \bar{R}_C, \bar{V}_C, \bar{R}_L)$ - измененная частота спектральной составляющей тока, определяемая первым доплеровским сдвигом $\omega'_D(\omega, \bar{R}_C, \bar{V}_C, \bar{R}_L)$ падающего поля,

- $\bar{P}_C$ - вектор Пойнтинга облучающего электромагнитного поля,

- $(\bar{N}_C \cdot \bar{P}_C)$ - скалярное произведение векторов,

- $\frac{(\bar{N}_C \cdot \bar{P}_C)}{|\bar{N}_C| \cdot |\bar{P}_C|}$ - косинус угла между векторами,

- $K_{ECi}(\bar{N}_C, \bar{P}_C)$ - коэффициент, равный синусу угла между нормалью $\bar{N}_C$ и направлением i -ой поляризационной компоненты падающего электрического поля.

- $\dot{K}_{MC}[\omega', \Phi(\bar{R}_C)]$ - коэффициент, обобщенно характеризующий свойства материала отражающей поверхности в точке $\bar{R}_C$ на частоте ω' .

Опуская вывод, можем записать финальное выражение для вектора дифференциала поля в виде матричного произведения

$$d\dot{\bar{E}}_R(t_R, \omega, \bar{R}, \bar{R}_C, \bar{V}_C, \bar{R}_L) = \{S[\Phi(\bar{R}_C)] \cdot \frac{(\bar{N}_C \cdot \bar{P}_C)}{|\bar{N}_C| \cdot |\bar{P}_C|} \cdot \dot{K}_{MC}[\omega', \Phi(\bar{R}_C)]\} \rightarrow \quad (2)$$

$$\rightarrow \cdot \ddot{\bar{K}}_{PPRC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_C) \cdot \left(\dot{\bar{K}}^*_{RC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_C) \otimes \left[\ddot{\bar{K}}_C[\omega', \Phi(\bar{R}_C)] \cdot \{ \bar{K}_{EC}(\bar{N}_C, \bar{P}_C) \otimes \dot{\bar{E}}_C(t_C, \omega, \bar{R}_C, \bar{R}_L) \} \right] \right) \cdot d\bar{R}_C$$

Интегрирование по пространству, занимаемому целью (с учетом лишь освещаемых ее участков) дает спектральную функцию поляризованного поля с учетом локальных доплеровских частотных деформаций

$$\dot{\bar{E}}_R(t_R, \omega, \bar{R}, \bar{R}_C, \bar{V}_C, \bar{R}_L) = \int_{Q_C} \{S[\Phi(\bar{R}_C)] \cdot \frac{(\bar{N}_C \cdot \bar{P}_C)}{|\bar{N}_C| \cdot |\bar{P}_C|} \cdot \dot{K}_{MC}[\omega', \Phi(\bar{R}_C)]\} \rightarrow \quad (3)$$

$$\rightarrow \cdot \ddot{\bar{K}}_{PPRC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_C) \cdot \left(\dot{\bar{K}}^*_{RC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_C) \otimes \left[\ddot{\bar{K}}_C[\omega', \Phi(\bar{R}_C)] \cdot \{ \bar{K}_{EC}(\bar{N}_C, \bar{P}_C) \otimes \dot{\bar{E}}_C(t_C, \omega, \bar{R}_C, \bar{R}_L) \} \right] \right) \cdot d\bar{R}_C$$

В формуле (3):

$\ddot{\bar{K}}_C[\omega', \Phi(\bar{R}_C)] = \ddot{\bar{K}}_C[\omega', \bar{R}_{C0}]$, (поляризационные свойства объекта сосредоточены в точке $\bar{R}_{C0}$). Вектор, характеризующий углы падения различных поляризационных компонент вырождается и записывается в виде

$\bar{K}_{EC}(\bar{N}_C, \bar{P}_C) = (1, 1)^T$ (углы падения различных поляризационных компонент равны 90 град). Косинус угла падения волны равен единице $\frac{(\bar{N}_C \cdot \bar{P}_C)}{|\bar{N}_C| \cdot |\bar{P}_C|} = 1$

(угол падения волны равен ноль град); $\dot{K}_{MC}[\omega', \Phi(\bar{R}_C)] = \dot{K}_{MC}(\omega')$ - параметр материала объекта не зависит от координаты $\bar{R}_C$;

$\ddot{\bar{K}}_{PPRC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_C) = \ddot{\bar{K}}_{PPRC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_{C0})$ - поляризационные свойства сосредоточены в точке $\bar{R}_{C0}$; $\dot{\bar{K}}^*_{RC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_C) = \dot{\bar{K}}^*_{RC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_{C0})$ - отражательные свойства сосредоточены в точке $\bar{R}_{C0}$.

Вводное предположение

1. Модель цели в виде одной блестящей точки.

Рассмотрим выражение (3) полученное для самого общего описания свойств цели как отражающего объекта.

Если цель представляется элементарным отражателем, основные отражательные свойства которого сосредоточены в точке с координатой $\bar{R}_{C0}$ (фактически - сферой с виртуальным радиусом ρ_{SF} , характеризующим отражательную способность цели, и с центром в точке $\bar{R}_{C0}$), то вышеприведенное соотношение может быть упрощено и разделено на два компонента. Рассмотрим эти упрощения подробно. Матрица кроссполяризации цели (при сделанных допущениях) становится независимой от координаты $\bar{R}_C$.

Таким образом, выражение (3) может быть преобразовано к виду

$$\begin{aligned} \dot{\bar{E}}_R(t_R, \omega, \bar{R}, \bar{R}_{C0}, \bar{V}_{C0}, \bar{R}_L) &= \ddot{\bar{K}}_{PPRC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_{C0}) \cdot \rightarrow \\ \rightarrow &\left(\dot{\bar{K}}_{RC}^*(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_{C0}) \otimes \left[\left\langle \ddot{\bar{K}}_C[\omega', \bar{R}_{C0}] \cdot \dot{K}_{MC}(\omega') \cdot \int_{Q_C} S[\Phi(\bar{R}_C)] \cdot dR_C \right\rangle \cdot \dot{\bar{E}}_C(t_C, \omega, \bar{R}_{C0}, \bar{R}_L) \right] \right). \end{aligned} \quad (4)$$

Значение интеграла в данном выражении, представляет собой эффективную площадь бистатического рассеяния (ЭПБР) сферы и равна (для любых бистатических углов [1])

$$S_{EC0}(\omega', \rho_{SF}) = \int_{Q_C} S[\Phi(\bar{R}_C)] \cdot dR_C = \pi \cdot \rho_{SF}^2. \quad (5)$$

Окончательно можем записать упрощенное выражение для расчета поля в точке $\bar{R}$ пространства:

$$\begin{aligned} \dot{\bar{E}}_R(t_R, \omega, \bar{R}, \bar{R}_{C0}, \bar{V}_{C0}, \bar{R}_L) &= \ddot{\bar{K}}_{PPRC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_{C0}) \cdot \rightarrow \\ \rightarrow &\left(\dot{\bar{K}}_{RC}^*(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_{C0}) \otimes \left[\left\langle \ddot{\bar{K}}_C[\omega', \bar{R}_{C0}] \cdot \dot{K}_{MC}(\omega') \cdot S_{EC0}(\omega', \rho_{SF}) \right\rangle \cdot \dot{\bar{E}}_C(t_C, \omega, \bar{R}_{C0}, \bar{R}_L) \right] \right) \end{aligned} \quad (6)$$

Полученная упрощенная модель является очень грубой, т.к. предполагается, что мы обладаем слишком большой информацией о цели, что в конкретной пространственно-временной ситуации (при облучении известным сигналом) характеризуем ее набором из пяти известных коэффициентов - произведением $S_{EC0}(\omega', \rho_{SF}) \cdot \dot{K}_{MC}(\omega') = S\dot{K}_{C0}(\omega', \rho_{SF})$ (размерность $[S\dot{K}_{C0}(\omega', \rho_{SF})] = m \cdot \sqrt{C_m}$) и известной матрицей кроссполяризации $\ddot{\bar{K}}_C[\omega', \Phi(\bar{R}_C)]$.

2. Сделать модель менее грубой можно, придав этим параметрам характер случайных чисел. Такими параметрами могут служить, например, частота, ракурс цели, тип цели и ее свойства и т.д. Далее будем полагать, что плотность распределения вероятности представляется в виде известной функции $W(S\dot{K}_{C0}, \dot{K}_{Cij} / \omega', \alpha, \beta, \chi_1, \chi_2, \dots, \chi_M)$, где ω' - частота (с учетом первого доплеровского сдвига), α, β - углы подсвета и отражения,

$\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_M$ - прочие параметры распределения. Обозначив случайные значения указанных пяти коэффициентов через $\dot{S}\dot{K}_{C_0}(\omega')$ и $\dot{\dot{K}}_C(\omega')$, соответственно, запишем окончательное выражение вектора электрического поля в точке $\bar{R}$ для статистической модели отражений от цели в виде

$$\begin{aligned} \dot{\bar{E}}_R(t_R, \omega, \bar{R}, \bar{R}_{C_0}, \bar{V}_{C_0}, \bar{R}_L) = & \dot{\dot{K}}_{PPRC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_{C_0}) \cdot \\ & \cdot \left(\dot{\bar{K}}_{RC}^*(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_{C_0}) \otimes \left[\dot{\dot{K}}_C(\omega') \cdot \dot{S}\dot{K}_{C_0}(\omega') \cdot \dot{\bar{E}}_C(t_C, \omega, \bar{R}_{C_0}, \bar{R}_L) \right] \right) \end{aligned} \quad (7)$$

В том случае, если есть основания предположить, что цель не служит элементом кроссполяризации поля, то в полученном выражении можно полагать кроссполяризационную матрицу единичной и получить упрощенное выражение для поля в точке $\bar{R}$

$$\dot{\bar{E}}_R(t_R, \omega, \bar{R}, \bar{R}_{C_0}, \bar{V}_{C_0}, \bar{R}_L) = \dot{\dot{K}}_{PPRC}(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_{C_0}) \cdot \left(\dot{\bar{K}}_{RC}^*(\omega'', \bar{R}, \bar{R}_{C_0}) \otimes \dot{S}\dot{K}_{C_0}(\omega') \cdot \dot{\bar{E}}_C(t_C, \omega, \bar{R}_{C_0}, \bar{R}_L) \right) \quad (8)$$

Выводы

Предложенная модель, по мнению авторов, наиболее полно описывает свойства сигналов, отражённых от лоцируемых объектов, в условиях многопозиционной радиолокации. Проверка адекватности модели математическим моделированием позволяет сделать заключение о целесообразности ее применения для расчета эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) целей, состоящих из простых геометрических фигур.

Библиографический список

1. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория. Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – с. 510.
2. Борзов А.Б., Лиходеенко К.П., Лобаков Б.С. и др. Вопросы моделирования автономных информационных систем ближней локации. – М.: ООО НИЦ «ИНЖЕНЕР», 2010. – с. 576.
3. Теоретические основы радиолокации. Под ред. В.Е. Дулевича. – М.: Советское радио, 1978г. – с. 607.

УДК: 621.396.96

ОБ ОДНОМ ВАРИАНТЕ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ АДАПТИВНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ РЕШЁТКИ ДЛЯ РЛС

Володин И.Н., аспирант Кафедры теоретической радиотехники и радиофизики МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Цифровые технологии заняли доминирующие технические решения в современной науке и технике. Не исключением являются сложные системы приёма и обработки в РЛС. Однако подавляющее большинство техниче-

ских реализаций, так или иначе, связано с аналоговым приёмно-передающим трактом. В любом случае имеется аналоговый сигнал, который необходимо излучать и принимать. Поэтому с современных РЛС имеется, как правило, цифровой формирователь сигналов и цифровой преобразователь сигналов [1].

До недавнего времени существовали цифроаналоговые (ЦАП) и аналого-цифровые преобразователи (АЦП), работающие на частотах дискретизации порядка сотен мегагерц. Для РЛС с ФАР, работающих на частотах выше 0,5...1 ГГц это означало построение антенной решётки с аналоговым (Рис.1), в лучшем случае со смешанным (аналого-цифровым) диаграммообразованием (ДО).

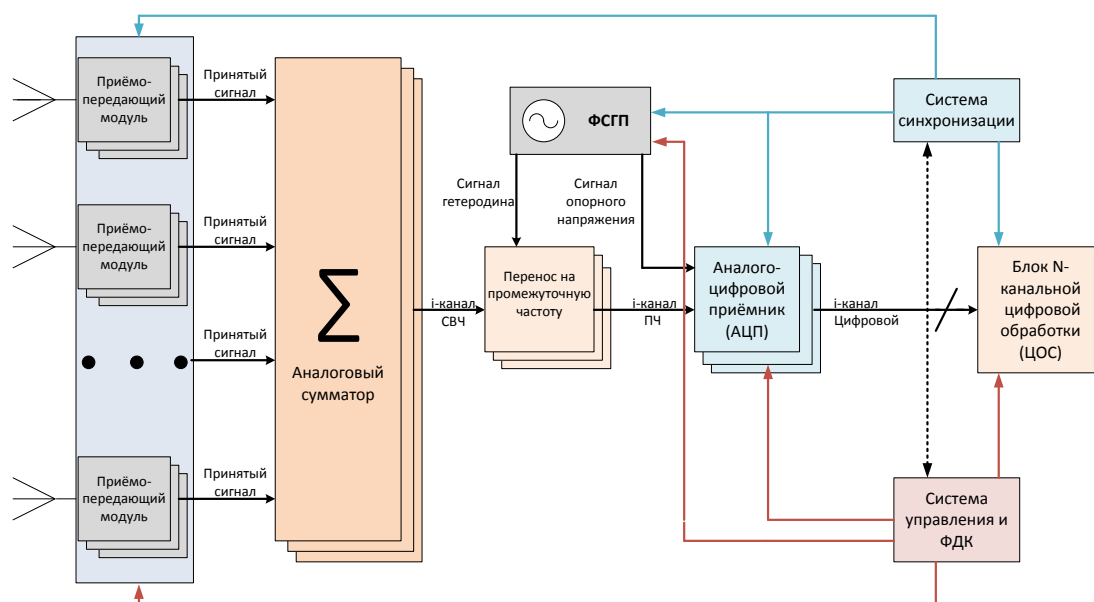


Рис. 1 Упрощённая структура РЛС с аналоговым диаграммообразованием

При этом синтезированный зондирующий сигнал (ЗС) необходимо перенести на более высокую несущую частоту аналоговым способом. Аналогично, при приёме отраженного сигнала аналоговым способом сигнал необходимо сместить вниз по несущей частоте в приёмную полосу АЦП. Данные операции осуществляются с помощью аналоговых умножителей и смесителей соответственно. На каждой операции необходима фильтрация, усиление, что приводит к искажениям сигнала, размножению спектра, а для когерентных РЛС вносит нестабильность, паразитные шумы и межканальную декорреляцию. Очевидно, что данная система сложна в настройке и требовательна к разбросу параметров. Кроме того, такая система не позволяет в широких пределах и плавно менять свои характеристики (полоса пропускания, диапазон частот).

Вариант построения РЛС с ФАР со смешанным диаграммообразованием (Рис. 2) также имеет недостатки по нескольким причинам: первая — это использование аналоговой системы смесителей в приёмнике, вторая — возможное использование диаграммообразующих строк или подрешёток, что не позволяет использовать двумерное сканирование в полной мере, третья

неточная установка аналоговых фазовращателей (единицы градуса), четвертая - невозможность хорошей развязки по динамическому диапазону в соседних каналах, пятая – технологическая сложность производства и настройки антенн с большим числом элементов.

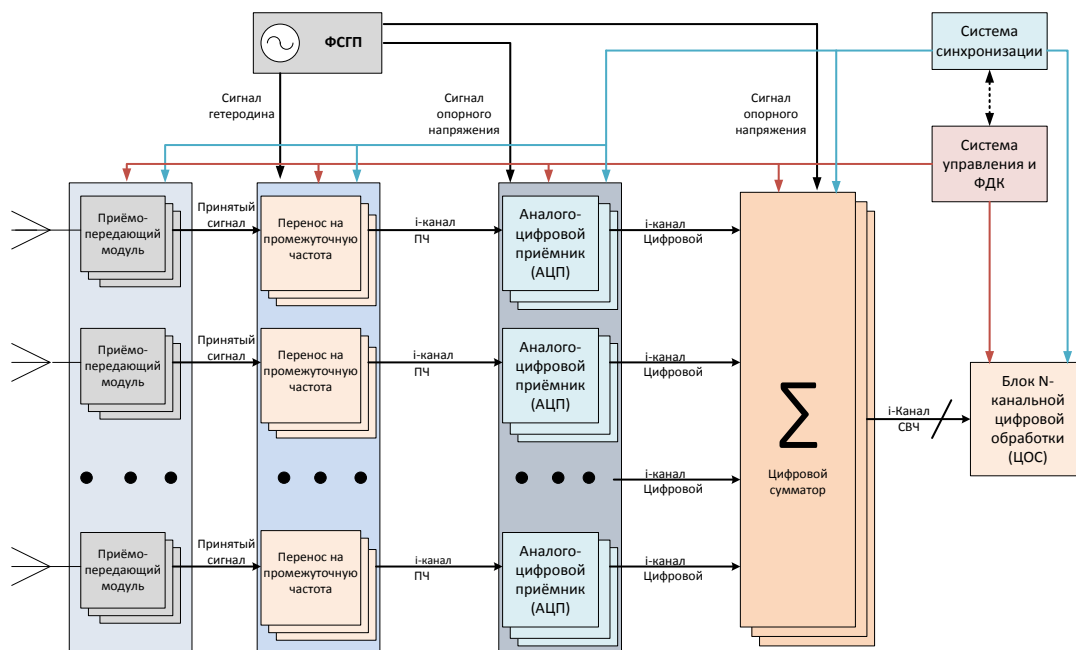


Рис. 2 Упрощённая структура РЛС со смешанным диаграммообразованием

В последние годы появилась элементная база, позволяющая синтезировать цифровым способом [2] и преобразовывать сигналы [3] в цифровой вид на частотах порядка единиц и десятков гигагерц. Лидирующие позиции в данной области занимают фирмы Hittite Microwave, Analog Devices, Texas Instruments. Так, например, малогабаритная микросхема синтезатора частоты с низким уровнем фазовых шумов позволяет прицелинно синтезировать линейно-частотно модулированный сигнал в СВЧ диапазоне с широкими возможностями его перестройки по несущей частоте и закону модуляции. Высокоскоростное АЦП в связке с усилителем ТНА (Track-and-Hold Amplifier) также позволяет осуществлять кодирование в СВЧ диапазоне с широкими возможностями перестройки цифровым способом по полосе и несущей частоте. Преимущества цифровой элементной базы очевидны. В первую очередь это высокая идентичность параметров.

Исходя из вышеперечисленного на основе элементной базы с такими параметрами возможно создать приемо-передающий элемент для цифровой ФАР с минимальным количеством аналоговых устройств (усилитель мощности, полосовой фильтр, малoshумящий усилитель) и отсутствием нелинейных элементов, таких как смеситель и умножитель частоты. Приемо-передающий модуль (ППМ) будет обладать гибкими характеристиками в достаточно широкой полосе частот и высокой повторяемостью параметров. Поэтому данный модуль может быть применён для построения ФАР различной сложности и, возможно, диапазона частот.

Рассмотрим вариант построения цифровой ФАР на основе такого модуля (Рис. 3).

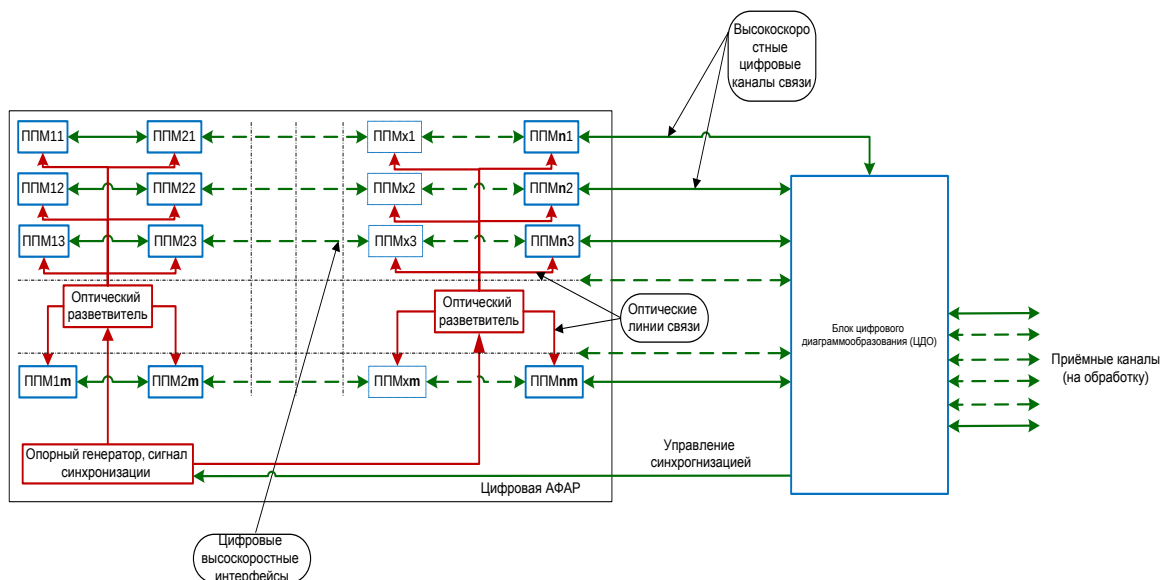


Рис.3 Структурная схема ЦФАР на основе унифицированного ППМ

В основу предлагаемой ЦФАР входит ППМ. В приведённом примере ФАР имеет n – строк и m – столбцов. Для технологической минимизации связей ППМ объединяются в строки с помощью высокоскоростных каналов связи. В каждом модуле в его приёмной части осуществляется перенос принятого сигнала с несущей частоты на видеочастоту с получением квадратурных составляющих. Цифровой поток квадратур ППМ11 передаётся на ППМ21, где к нему пристыковывается поток модуля в который он попал и т.д. Таким образом, объём информации на выходе строки равен количеству модулей в строке n , умноженному на скорость потока одного модуля. Так для ФАР с размерами $n = 60$ при полосе сигнала $F = 1$ МГц и разрядности АЦП = 16 скорость потока с одной строки равна ~ 250 Мбайт/сек (с учётом избыточности, и служебной информации). Следует отметить, что сигнал в каждом модуле только переносится на видеочастоту. Далее информация с каждой строки поступает на блок цифрового диаграммообразования (ЦДО). Отметим, что оцифрованная информация с каждого ППМ существует независимо в выходном пакете строки. В блоке ЦДО осуществляется формирования ДН путем умножения на комплексный весовой коэффициент потока с каждого ППМ всей ЦФАР, и дальнейшее суммирование с образованием необходимых приёмных каналов. Отметим, что благодаря «ортогональным» потокам квадратур с каждого модуля возможно произвольное суммирование, взвешивание с формированием необходимого числа приёмных каналов в режиме реального времени. Благодаря этому обеспечивается гибкое произвольное управление приёмной ДН ЦФАР, в том числе двумерное сканирование. В рамках данного построения блоком ЦДО может осуществляться адаптивное подавление активных помех, как путем перестройки ДН в зависимости от помеховой обстановки, так и путём применения алгоритма корреляционного вычитания [4]. Синтезированные приёмные каналы с блока ЦДО поступают на дальнейшую обработку (внутрипериодную, меж-

периодную, межканальную и др.). Подразумевается, что обработка в модулях ППМ (цифровое гетеродинирование, фильтрация), а также диаграммообразование в ЦДО осуществляется с использованием современной элементной базы ПЛИС.

Синхронизация для когерентной работы модулей осуществляется с помощью волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) от одного высокостабилизированного опорного генератора, что обеспечивает высокую электромагнитную совместимость (ЭМС) и минимизирует джиттер опорного напряжения. Также повышается технологичность и надежность изготовления. Помимо этого ВОЛС передает на модули ППМ сигнал синхронизации.

Параметры зондирующих сигналов и весовые коэффициенты ДН ЦФАР в режиме передачи задаются блоком ЦДО по цифровым каналам связи индивидуально для каждого ППМ. Также блок ЦДО осуществляет управление синхронизацией. В свою очередь блок ЦДО получает команды управления от пульта оператора РЛС.

Заключение

Построение РЛС с аналоговым приёмно-передающим трактом накладывает технические ограничения и технологические трудности при производстве РЛС. Также такое решение не позволяет в полной мере раскрыть потенциал изделий, который возможен при цифровом построении ФАР.

С появлением высококачественных синтезаторов и преобразователей СВЧ – диапазона, а также высокопроизводительной элементной базы стал возможен переход к построению качественно новых РЛС с полностью цифровой ФАР.

Предложенный вариант ЦФАР на основе унифицированного модуля ППМ позволяет получить более высокие характеристики РЛС за счёт применения цифровой элементной базы. Это повышает надежность, стабильность параметров, гибкость модификации, обеспечивает масштабируемость системы и её конфигурируемость. Данное техническое решение обеспечивает минимизацию типономиналов составных частей изделия, повышает степень адаптации системы к помеховой обстановке, позволяет в полной мере реализовать двумерное сканирование и реализовать перспективную концепцию полностью программируемой РЛС.

Библиографический список

1. Григорьев Л.Н. Цифровое формирование диаграммы направленности в фазированных антенных решётках. –М.: Радиотехника, 2010. – с.144.
2. Дьяконов В. Монолитные СВЧ – микросхемы полных синтезаторов частоты компании Hittite Microwave. Компоненты и технологии, 2012, №4. – с. 18-26.

3. Дьяконов В. Сверхскоростные АЦП и усилители класса ТНА компании Hittite Microwave и их применение. Компоненты и технологии, 2012, №5. – с. 46-54.

4. Р.А. Монзинго, Т.У. Миллер. Адаптивные антенные решетки. – М.: Радио и связь, 1986. – с. 448.

УДК: 621.396

МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ СВЕРХЗВУКОВОГО ОБЪЕКТА В МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РЛС БЛИЖНЕГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ

Давыдова Н.И., соискатель, МГТУ МИРЭА, г. Москва, Россия

Королев А.Н., проф., к.т.н., МГТУ МИРЭА, г. Москва, Россия

Котов А.Ф., проф., д.т.н., МГТУ МИРЭА, г. Москва, Россия

Рассмотрим многопозиционную РЛС (МРЛС), состоящую из одной передающей и нескольких приемных позиций. Задача МРЛС - определить координаты места стрельбы, траекторию полета пули, характеристики выстрела, параметры оружия снайпера. Решение поставленной задачи предполагает оптимизацию структуры и инфраструктуры МРЛС, нахождение параметров оптимального зондирующего сигнала и энергетических характеристик МРЛС, разработку алгоритмов приема и обработки эхосигналов, создание мобильного аппаратно-программного комплекса МРЛС. Решение наиболее сложной из перечисленных задач (алгоритмизации обработки эхо сигналов) целиком основывается на использовании модели движения объекта в реальной воздушной среде. Требования к модели движения предъявляются специфические – высокая точность, минимальное количество параметров движения, ортогональность параметров в выбранном базисе. Разработка сходных моделей ведется достаточно давно, однако, все известные разработки (расчетные алгоритмы баллистических калькуляторов) предназначены для стрелков и основаны на знании «чрезмерно» большого числа исходных данных. Чрезмерность (в смысле решения поставленной задачи) понимается лишь как необоснованно высокая детализация сценария, что, однако, с точки зрения стрелка представляется как преимущество.

Следовательно, разрабатываемая модель, должна основываться на аппроксимации реальной траектории движения простейшими функциями, параметрами которых являются интересующие нас характеристики – координаты места стрельбы, характеристики выстрела, параметры оружия снайпера и проч.

Анализ аэродинамики полета снайперской пули на сверхзвуковом участке ее полета позволяет выделить ряд физических явлений, каждое из

которых должно быть учтено в модели, в той мере, в какой способствует решению поставленной задачи. К ним относятся – замедление скорости полета, падение пули, влияние ветра, стабилизационное вращение пули. Такие показатели полета как ветровое и деривационное горизонтальное смещение, вертикальное уклонение, нутационное и прецессионное вращение – определяются совместным действием отмеченных явлений. При построении модели кажется целесообразным использование принципа независимости движений, применение которого позволяет разделить движение пули на два независимых – поступательное и вращательное.

Поступательное движение определяется значением начального вектора скорости выброса пули $\mathbf{V}_0$ из ствола, ускорением свободного падения $\mathbf{g}$, силой сопротивления воздушной среды $\mathbf{F}_{vt}$, а так же силой, обусловленной гироскопической стабилизацией собственного вращения пули $\mathbf{F}_{wt}$ (наличие индекса t подчеркивает зависимость любой переменной или вектора от времени). Если через $\mathbf{R}(t)$ обозначить вектор координат центра тяжести пули в момент времени t , то для поступательного движения справедливо уравнение движения

$$\ddot{\mathbf{R}}(t) = \frac{m\mathbf{g} + \mathbf{F}_{vt} + \mathbf{F}_{wt}}{m} \quad (1)$$

Здесь $\mathbf{F}_{vt} = F_{vt}(|\mathbf{V}_t|) \cdot \frac{\mathbf{V}_t}{|\mathbf{V}_t|}$ – векторная функция силы, $\mathbf{V}_t$ – полный вектор скорости обтекания пули воздухом в момент t , $F_{vt}(|\mathbf{V}_t|)$ – скалярная функция сопротивления пули при ее движении в воздухе со скоростью V_t , $\mathbf{F}_{wt} = F_{wt}(|\mathbf{V}_t|) \cdot \mathbf{W}_t$ – векторная функция силы, W_t – скаляр текущей угловой скорости стабилизационного вращения, $F_{wt}(|\mathbf{V}_t|)$ – векторная функция распределения силы смещения.

Решение уравнения (1) должно определяться начальными условиями $\mathbf{R}(0) = \mathbf{0}$, $\dot{\mathbf{R}}(0) = \mathbf{V}_0$, $\ddot{\mathbf{R}}(0) = \mathbf{g}$ записанными для системы координат, центр которой расположен в месте стрельбы (дульный срез), направление оси OX совпадает с вектором начальной скорости $\mathbf{V}_0$, а плоскость XOZ вертикальна. Важно отметить, что уравнение (1) учитывает наличие в ветровой компоненте обтекающего воздушного потока и вертикальные, и встречно-догонные составляющие. Таким образом, частное решение $\mathbf{R}(t)$ уравнения (1) может быть записано относительно трех декартовых координат в виде $\mathbf{R}_p(t) = (X_p(t), Y_p(t), Z_p(t))^T$. Индекс p отражает тот факт, что найденные координаты характеризуют лишь поступательное движение центра тяжести пули во времени.

Вращательное движение центра тяжести пули $\mathbf{R}_r(t)$ относительно линии поступательного движения $\mathbf{R}_p(t)$ происходит в плоскости ей перпендикулярной и определяется лишь медленной прецессионной колебательной компонентой [1]. Нутационные колебания происходят относительно центра тяжести пули и заметного влияния на смещение центра тяжести не оказывают. (Наличие и характер быстрых нутационных колебаний является очень важной характеристикой системы «оружие-выстрел» и его

нельзя не учитывать при идентификации системы. Однако это явление обнаруживается в виде амплитудной модуляции огибающей отраженного сигнала из-за периодического изменения ЭПР пули. Последнее приводит к появлению в спектре эхо сигнала соответствующих частот. Учет этого явления выходит за пределы «координатного» описания движения центра тяжести, но нутация обязательно учитывается при формировании «сигнальной» компоненты модели). Для рассматриваемого класса оружия пули имеют повышенную стабилизацию, что в рассматриваемой модели может быть отражено, как достаточно быстрое затухание колебаний прецессии. Следовательно, для введенной системы координат дополнительные смещения, обусловленные колебательными компонентами движения могут быть записаны в виде

$$\mathbf{R}_r(t) = \begin{pmatrix} P_r \cdot \exp(-A_r \cdot t) \cdot \cos(\Omega \cdot t + \varphi_x + \varphi_0) \\ P_r \cdot \exp(-A_r \cdot t) \cdot \sin(\Omega \cdot t + \varphi_y + \varphi_0) \\ P_r \cdot \exp(-A_r \cdot t) \cdot \cos(\Omega \cdot t + \varphi_z - \frac{\pi}{4} + \varphi_0) \end{pmatrix} \quad (2)$$

Здесь P_r – амплитуда прецессионных смещений центра тяжести пули, Ω – циклическая частота прецессии, A_r – параметр, характеризующий скорость демпфирования прецессии, $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$ – фазовые сдвиги, характеризующие угол между вектором текущей и начальной скорости, φ_0 – начальный фазовый сдвиг колебаний прецессии.

Полная модель движения описывает изменение вектора координат центра тяжести пули $\mathbf{R}_\Sigma(t)$ как сумма поступательного и вращательного движения, таким образом, окончательно можем записать уравнение движения в виде

$$\mathbf{R}_\Sigma(t) = \mathbf{R}_p(t) + \mathbf{R}_r(t) \quad (3)$$

Определим количество и состав неизвестных параметров уравнения (3), которые предстоит вычислить после локации МРЛС летящей пули. Из уравнения (2) следует, что прецессионные колебания описывает группа из трех параметров P_r, A_r, Ω – характеризующих систему «оружие-выстрел». Начальная фаза φ_0 – является величиной случайной (несущественный параметр), фазовый вектор $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$ – трехкоординатная компонента траектории $\mathbf{R}_p(t)$, несущая информацию о $\mathbf{V}_0$. В уравнении (1) используется скалярная функция $F_{Vt}(|\mathbf{V}_t|)$, которая является параметрически неопределенной по отношению к типу пули, поскольку содержит неизвестный коэффициент K_F , но имеет известное функциональное ядро, параметры которого не зависят от типа пули

$$F_{Vt}(|\mathbf{V}_t|) = K_F \cdot \{a_F + b_F \cdot |\mathbf{V}_t| + c_F \cdot |\mathbf{V}_t|^4\} \quad (4)$$

Отнесем коэффициент K_F к группе параметров системы «оружие-выстрел». Неизвестный вектор $\mathbf{V}_t$ – является трехкоординатной компонентой траектории $\mathbf{R}_p(t)$. W_t – однокоординатная компонента траектории $\mathbf{R}_p(t)$. Неизвестная векторная функция $\mathbf{F}_{Wt}(|\mathbf{V}_t|)$, в простейшем случае характеризующая деривационное (однокоординатное – горизонтальное)

смещение центра тяжести пули по оси OY – так же трехкоординатная компонента траектории. Предполагается, что вектор V_t содержит известную компоненту скорости ветра V_{wt} . Таким образом, общее количество неизвестных параметров составляет 15, а с учетом построения траектории в неподвижной системе координат МРЛС необходимо получить отметки 21 параметра. Если МРЛС состоит из трех приемных позиций, то каждое локальное радиолокационное взаимодействие с пулей дает возможность определить 6 координат цели (скорость и координаты). Следовательно, задача становится положительно определенной при обработке не менее четырех траекторных измерений или с использованием фильтрации.

Оценим потенциальные точностные характеристики МРЛС. Энергетический расчет показывает, что расширение зоны действия МРЛС более 400 м нецелесообразно. Минимальное время пролета пули при этом составляет 0.4 сек или 0.1 сек на одну расчетную точку, если интервалы не пересекаются. Расчетная погрешность измерения доплеровской частоты составляет 10 Гц. Относительную погрешность измерения скорости определим лишь при выяснении значения несущей частоты зондирующего сигнала. К выбору параметров зондирующего сигнала следует подходить исходя из допустимой абсолютной погрешности суммарного дальномерного канала. Определим эту погрешность как $\sigma_D = 10$ мм. Уравнение оптимального измерителя дает соотношение

$$fs \cdot \sqrt{q} = Co / \sigma_D \quad (5)$$

где fs – ширина спектра сигнала, q – отношение сигнал/шум, Co – скорость света. Обеспечив $q = 30 \dots 50$, получаемое за счет большой длительности сигнала (0.1 сек на одну расчетную точку) получим минимальное значение спектра зондирующего сигнала и минимальное значение несущей частоты $fs = 4.5 \cdot 10^9$ Гц и $fo = 40 \cdot 10^9$ Гц. Использование столь широкого спектра и достаточно высокой несущей частоты позволяет принципиально расширить круг решаемых задач. Так, использование резонансных отражательных свойств цели позволяет провести серьезные уточнения радиолокационного портрета цели с целью его библиотечной идентификации и получить дополнительный выигрыш 10...15 дБ в отношении сигнал/шум. Расчетные относительные погрешности координат и скорости пули соизмеримы и составляют $2 \cdot 10^{-5}$ и $6 \cdot 10^{-5}$ соответственно. Это позволяет с высокой точностью определять не только параметры траектории полета пули, но и определять параметры системы «оружие-выстрел», что является несомненным достоинством предлагаемой модели.

Библиографический список

1. R. Nennstiel. How do bullets fly. Wiesbaden, Germany, 1995.

РАДИОЧАСТОТНЫЕ МЕТОДЫ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

***Ермаков К.В., аспирант кафедры «Радиолокация и радионавигация»
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия***

Интенсивность транспортных и логистических потоков непрерывно возрастает. Для организации новых форм транспортного обслуживания процессов грузовых и пассажирских перевозок в настоящее время уже недостаточно сведений, получаемых от традиционных систем сбора информации, поскольку существующие методы идентификации и регистрации транспортных процессов практически исчерпали свои технические возможности, допускают значительное отставание от реального процесса и недостаточно достоверны. Новое время требует новых инновационных технических решений.

Под автоматическим (автоматизированным) определением местоположения транспортного средства (в англоязычной аббревиатуре, - AVL - *Automatic Vehicle Location systems*) понимают определение местоположения транспортного средства (ТС) в группе ему подобных по мере перемещения его в пределах данной географической зоны.

Система определения местоположения, в общем случае, состоит из:

1. Идентификатора (метки). В качестве метки может использоваться радиоэлектронная плата, государственный или регистрационный номер и т.д.. Идентификатором может служить любой элемент транспортного средства, что позволяет выделить данный объект из массы подобных.

2. Подсистемы считывания идентификатора. Оптическая, радиоэлектронная и т.д.

3. Подсистема обработки информации, которая, в свою очередь, состоит из:

- подсистемы передачи информации: провод, оптоволокно, радиоканал и т.д.

- подсистема сбора и обработки информации: централизованный сервер, база данных и т.д.

- (при необходимости) подсистема принятия (формирования) решений: (или подсистема управления), в простейшем случае – монитор.

Построение автоматизированных систем управления на основе данных, получаемых от устройств считывания позволяет решить такие задачи управления, как:

- повышение безопасности движения;
- обеспечение оптимальных режимов вождения ТС;
- контроль параметров движения транспортных средств;

- автоматическое выполнение графика движения.

Нужно отметить, что во всех странах мира ведутся интенсивные работы по внедрению новых технологий слежений за транспортными средствами.

Планирование перевозок в транспортной системе требует большой подготовительной работы. В настоящее время часть персонала в системе перевозок грузов еще занята ручным сбором данных, их ручной обработкой и перемещением документов, выполненных на бумаге. Много данных собирают повторно, часто документы содержат ошибки. Иногда информация доходит до пользователей слишком поздно. Подготовка информации вручную уже не соответствует временным требованиям успешного управления ресурсами.

Составной частью концепции информатизации транспорта является создание высокоэффективных средств автоматического съема информации о транспортном средстве и его состоянии и автоматического ведения на основе этой информации базы данных о местоположении грузов и самих транспортных средств. Это позволит осуществить переход на безбумажную технологию управления перевозочным процессом с заменой бумажных документов соответствующими электронными при одновременном упрощении схем циркуляции информации и сокращении ее дублирования, что в настоящее время является одной из актуальных и не до конца решенных задач.

При внедрении автоматизированных систем управления с устройствами ввода информации на основе устройств автоматической идентификации на транспорте можно получить следующие преимущества:

- моделировать состояние объекта управления в режиме реального времени, при этом модель соответствует реальной текущей дислокации ТС;
- обеспечить оперативный доступ, как заказчиков, так и эксплуатирующих служб к базам данных о состоянии грузов и самих транспортных средств;
- сократить трудовые затраты на сбор данных о дислокации и состоянии подвижного состава, обеспечить переход на безбумажную технологию, повысить степень автоматизации всех технологических процессов.

При полном внедрении системы автоматической идентификации можно говорить о качественно новой технологии управления перевозками. Произойдет отказ от вероятностных, схоластических подходов к организации плановых грузопотоков. Но надо отдавать себе отчет, что управление перевозками на основе данных системы автоматической идентификации и реализации полных возможностей потребует существенной модернизации вычислительных сетей, математических методов и программного обеспечения.

В автоматизированных системах, использующих радиочастотные технологии идентификации, сформировалось два подхода к формированию первичных данных о местоположении транспортных средств. Первый ос-

нован на определении местоположения с использованием спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Второй подход основан на использовании различного типа систем идентификации, в первую очередь, радиочастотных.

На сегодняшний день при использовании спутниковых радионавигационных систем для задач позиционирования транспортных средств отсутствует единая концепция по программному и аппаратному построению автоматизированных систем управления транспортными процессами. Доступность модулей приемников СРНС делает возможным разработку различными фирмами систем позиционирования для решения своих локальных задач.

Для широкого внедрения данной технологии необходимо решить проблему с телекоммуникационной сетью передачи данных. Для сбора данных с приемников СРНС используются различные виды связи: диспетчерская, спутниковая, сети сотовых операторов, что не способствует унификации аппаратуры.

Радиочастотная идентификация (*RFID* - *Radio Frequency IDentification*) транспортных средств является более дешевой альтернативой определения местоположения ТС. Более дешевое и простое бортовое оборудование, расположение считывателей в местах с доступной инфраструктурой делает системы *RFID* практически не заменимыми на платных дорогах и на складах. К недостаткам систем такого рода можно отнести то, что данные системы контролируют прохождение ТС только в контрольных точках.

Библиографический список

1. Легкий Н.М. Радиочастотная идентификация как основа для управления процессами на железнодорожном транспорте // Современные проблемы работы железнодорожного транспорта. Межвузовский сборник научных трудов. - М.: РГОТУПС, 2007, т.1. - с. 38-42.

2. Легкий Н.М. Методы определения местоположения транспортных средств // Современные проблемы работы железнодорожного транспорта. Межвузовский сборник научных трудов. - М.: РГОТУПС, 2008, т.1. - с. 21-23.

3. Петров Н.Н. Системы и комплексы технических средств местоопределения подвижных объектов / Специальная техника, 1998, №3. - с. 18-22.

АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ТРЁХМЕРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТА

Заикин Б.А., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Как известно современные достижения радиолокации позволяют получать радиолокационные изображения (РЛИ), сопоставимые с аэрофотоснимками. Получение таких изображений называется радиовидением. В основном радиовидение применяется с целью обзора поверхностей земли и моря и использует воздушные средства радиолокации. Однако текущие достижения позволяют построить радиолокационные изображения воздушных целей с помощью наземной многопозиционной системы. На практике такой подход требует создания алгоритмов обработки данных с целью получения РЛИ. В зависимости от целей работы РЛС алгоритмы могут существенно отличаться. В случае постановки задачи идентификации встаёт вопрос о разработке алгоритмов, позволяющих получить изображение максимально точно соответствующее реальному объекту. На мощность принятого сигнала оказывают воздействия многие факторы (материал объекта, дальность и ориентация объекта относительно приёмника РЛС и т.д.). В задачах идентификации важно стараться исключить как можно больше факторов, внесённых работой РЛС. Одними из основных таких факторов являются дальность объекта от цели и ориентация объекта относительно приёмника РЛС. Ниже приводятся алгоритмы обработки данных РЛС для исключения этих факторов при построении изображений объектов.

Исходные данные, полученные от РЛС, представляют собой набор координат точек и соответствующие им мощности принятого сигнала $P_{\text{пр}i}$ для каждого разрешенного объекта. В каждом объекте присутствует своя точка с максимальной мощностью $P_{\text{пр}0}$. В однородном по структуре материала объекте такой точкой становится ближайшая зеркальная точка. Из основного уравнения радиолокации известно, что мощность принятого сигнала обратно пропорциональна четвёртой степени расстояния от РЛС до цели в однопозиционном случае. В этом случае можно с уверенностью сказать, что оставшиеся точки объекта будут как минимум меньше на величину $\Delta P_{\text{пр}i}$, определяемую следующим выражением:

$$\Delta P_{\text{пр}i} = P_{\text{пр}0} - \frac{P_{\text{пр}0}}{(R_i - R_0)^4}. \quad (1)$$

В этом выражении R_i и R_0 , это расстояние от РЛС до i -ой точки и зеркальной точки, соответственно. Исходя из этого, алгоритм учёта дальности при построения изображения состоит в нахождении поправочной величины $\Delta P_{\text{пр}i}$ и её учёта при построении изображения:

$$P_{\text{при}} = P_{\text{при}} + \Delta P_{\text{при}}. \quad (2)$$

Следует отметить, что в многопозиционном случае алгоритм дополняется поиском точки с максимальной мощностью по всем приёмным позициям $P_{\text{пр0поз0}}$, и для всех остальных позиций вводится соответствующий коэффициент k :

$$k = \frac{P_{\text{пр0поз0}}}{P_{\text{пр0позj}}}; \quad (3)$$

$$P_{\text{припозj}} = k * (P_{\text{припозj}} + \Delta P_{\text{припозj}}).$$

В этом выражении $P_{\text{пр0позj}}$ – максимальная мощность сигнала, принятого от объекта j -ой позиции; $P_{\text{припозj}}$ – i -ая мощность сигнала, принятого от j -ой позиции.

Для учета влияния ориентации объекта относительно РЛС необходимо найти угол между линией визирования и нормалью к поверхности цели. Строго говоря, нормаль поверхности, трудно найти для каждой отдельной точки. Однако объединяя точки в группы по 3 (подразумеваются ближайшие друг к другу точки), можно найти образованную ими плоскость и нормаль к ней. Такой подход помимо непосредственно учёта ориентации объекта, позволяет представить объект уже в виде непрерывной совокупности малых плоскостей взамен исходного набора точек.

Исходя из выше изложенного, набор точек разбивается на группы по 3 точки $M_1(x_1, y_1, z_1)$, $M_2(x_2, y_2, z_2)$, $M_3(x_3, y_3, z_3)$ с мощностями P_1, P_2, P_3 , соответственно. Эти точки образуют треугольник, который будет непосредственно частью изображения. Для усреднения влияния ориентации объекта по 3 точкам логично взять особую точку треугольника – центроид $M_{\text{ц}}(x_{\text{ц}}, y_{\text{ц}}, z_{\text{ц}})$, чьи координаты даются следующими выражениями:

$$\begin{aligned} x_{\text{ц}} &= \frac{1}{3}(x_1 + x_2 + x_3); \\ y_{\text{ц}} &= \frac{1}{3}(y_1 + y_2 + y_3); \\ z_{\text{ц}} &= \frac{1}{3}(z_1 + z_2 + z_3). \end{aligned} \quad (4)$$

Далее из этой точки можно найти нормаль к поверхности путем нахождения векторного произведения векторов, образованных с центроидом любыми двумя из исходных точек. Для ясности возьмём векторы $\overline{M_{\text{ц}}M_1}$ и $\overline{M_{\text{ц}}M_2}$ с координатами, определяемыми как:

$$\begin{aligned} \overline{M_{\text{ц}}M_1} &= (x_1 - x_{\text{ц}}, y_1 - y_{\text{ц}}, z_1 - z_{\text{ц}}); \\ \overline{M_{\text{ц}}M_2} &= (x_2 - x_{\text{ц}}, y_2 - y_{\text{ц}}, z_2 - z_{\text{ц}}). \end{aligned} \quad (5)$$

Тогда вектор нормали $\overline{M_{\text{н}}M_{\text{ц}}}$ будет равен:

$$\overline{M_n M_u} = \left(\begin{vmatrix} y_2 - y_u & z_2 - z_u \\ y_1 - y_u & z_1 - z_u \end{vmatrix}, - \begin{vmatrix} x_2 - x_u & z_2 - z_u \\ x_1 - x_u & z_1 - z_u \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} x_2 - x_u & y_2 - y_u \\ x_1 - x_u & y_1 - y_u \end{vmatrix} \right). \quad (6)$$

Влияние ориентации объекта на мощность сигнала определяется косинусом угла между вектором нормали $\overline{M_n M_u}$ и вектором, направленным из точки M_u по линии визирования в точку приёмника $M_n(x_n, y_n, z_n)$ и может быть выражен в виде:

$$\cos(\alpha) = \frac{\overline{M_n M_u} \cdot \overline{M_n M_u}}{|\overline{M_n M_u}| |\overline{M_n M_u}|}. \quad (7)$$

Для нахождения мощности излучения малой треугольной поверхностью остается найти среднюю мощность трёх точек $P_{3т}$ и при её расчёте учесть (7):

$$P_{3т} = \frac{1}{3}(P_1 + P_2 + P_3)/\cos(\alpha) = \frac{P_{ср}}{\cos(\alpha)}. \quad (8)$$

Объединяя влияние двух факторов на мощность, можно дать общий алгоритм исключения их влияния и получения изображения. Первым этапом является исключение влияния дальности на мощность принятых сигналов согласно (3). Затем идёт группировка точек, построения из них малых треугольных поверхностей и придания им яркости в соответствии с (4)-(8).

Для отработки выше описанных алгоритмов использовалась среда моделирования MATLAB. Для обозначения мощности каждой поверхности были использованы возможности работы MATLAB с цветом на графике. Для лучшего визуального восприятия максимальному интервалу изменения цвета соответствует разность между максимальной и минимальными мощностями принятого сигнала. На момент написания материала был отработан первый этап общего алгоритма – учёт падения мощности в зависимости от дальности. На рис.1 показаны изображения одной сферы, полученной с одной позиции: а – до использования алгоритма (2); б – после использования алгоритма (2). При этом зеленым цветом обозначена максимальная мощность, а красным минимальная. На рис.2 показаны объединённое изображение двух сфер, полученных с двух приёмных позиций: (а) – до применения алгоритма (3); б - после применения алгоритма (3). При этом зеленым цветом обозначена максимальная мощность, принятая мощностью первой позицией и минимальная мощность второй позиции, красным цветом показана минимальная мощность первой позиции, а синим максимальная мощность второй позиции.

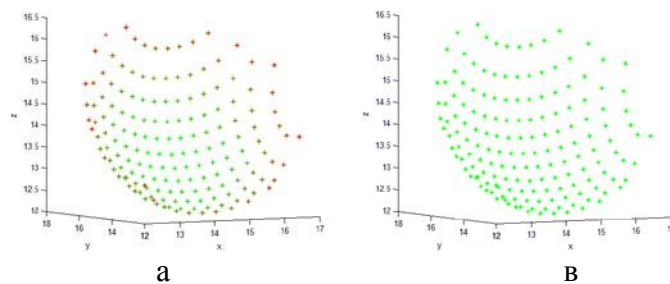


Рис.1 Сфера, построенная с одной точки при различном учете мощности принятого сигнала: а – до использования алгоритма (2); б – после использования алгоритма

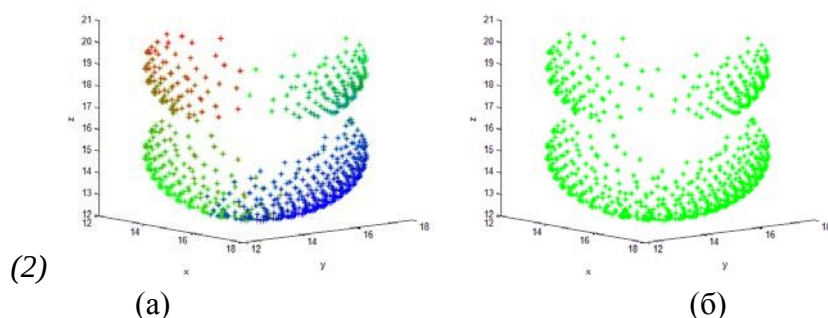


Рис.2 Сферы, полученные с двух позиций(а) – до применения алгоритма (3); б - после использования алгоритма (3)

Помимо непосредственной отработки второго этапа общего алгоритма, алгоритмы требуют существенной доработки. Во-первых, были затронуты лишь два фактора, влияющих на яркость изображения, из чего следует необходимость подробного рассмотрения других факторов. Во-вторых, необходимо более углублённое изучение и уточнённое применение механизмов получения изображения с помощью многопозиционной РЛС. В частности, достижения однородности объекта в местах, обозреваемых сразу с нескольких позиций. В-третьих, следует переход к телам более сложной формы, нежели состоящие из поверхностей второго порядка. И, наконец, в-четвертых, расширение данных моделей с учетом шумовых составляющих реальных сигналов. Однако полученные результаты в то же время дают стимул для дальнейшего совершенствования алгоритмов обработки радиолокационной информации с целью получения трёхмерного изображения объекта.

Библиографический список

1. Обнаружение и распознавание объектов радиолокации. Коллективная монография / Под ред. А. В. Соколова. – М.: «Радиотехника», 2006. – с. 176: ил. (Серия «Радиолокация»).
2. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли. Учебное пособие для вузов / Под ред. Г. С. Кондратенкова. – М.: «Радиотехника», 2005. – с. 368: ил. (Сер. Радиолокация).

3. Гультев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс – СПб: Питер, 2000. – с. 432: ил.
4. Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский. – М.: АСТ: Астрель, 2008. – с. 991, [1]: ил.

УДК: 621.3

АЛГОРИТМ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Замуруев С.Н., д.т.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Чесноков П.Ю., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Целью обработки сигналов и извлечения навигационной информации аппаратурой опорной станции системы навигации в многопозиционной радиотехнической системе является выбор оптимального количества и состава опорных станций и решение навигационной задачи. В общем случае, результатом решения навигационной задачи является определение вектора пользователя, состоящего из мгновенных координат и векторов их изменения по времени. Синтез оптимальных систем оценивания координат базируется на теории оптимальной фильтрации.

Параметры навигационного сигнала целесообразно разделить на информационные, дополнительные, и неинформационные. К информационным параметрам сигнала относятся задержка сигнала τ и доплеровское смещение частоты f_d . Эти параметры непосредственно зависят от вектора пользователя. Неинформационными параметрами являются, например, амплитуда сигнала и плоскость поляризации излучения передающей антенны. Примером дополнительного параметра может являться дискретный параметр θ , несущий информацию модулирующей двоичной последовательности.

Аддитивную помеху, на фоне которой происходит прием сигнала, как правило, считают белым гауссовским шумом с нулевым математическим ожиданием и спектральной плотностью $N_0/2$.

Сигнал от i -й опорной станции может быть описан соотношением

$$S_i(t) = A m_i(t - \tau_i) \cos[(\omega_0 + 2\pi f_{di})t + \varphi_i] \quad (1)$$

где A - амплитуда сигнала; $m_i(t - \tau)$ - модулирующая функция, описывающая модуляцию дальномерным кодом и передачу навигационного сообщения; φ_i - случайная начальная фаза сигнала.

Прием сигнала на фоне помехи по сути своей является фильтрацией информационных параметров сигнала на фоне помехи и неинформационных параметров. Синтез оптимальной системы фильтрации заключается в построении такой системы, которая в результате наблюдений за входной реализацией в каждый текущий момент времени t формирует оценку вектора потребителя с минимальной дисперсией ошибки оценивания.

Существующие алгоритмы оптимальной фильтрации чрезмерно сложны для прямой обработки сигнала (1), поэтому процесс получения оценки вектора состояния обычно разбивают на два этапа - первичный и вторичный. На этапе первичной обработки решается задача фильтрации радионавигационных параметров сигнала, а на этапе вторичной обработки вычисляются оценки вектора состояния с использованием полученных на первом этапе оценок радионавигационных параметров и соответствующих навигационных функций.

Задача поиска сигнала от j -ой опорной станции определяется, как задача оценки его параметров τ и f_d , которые принимаются постоянными на интервале наблюдения и выбираются из конечной области значений. Как правило, возможные значения считаются равновероятными. При оценке параметров сигнала локальной радионавигационной сети амплитуду и фазу можно считать случайными неинформационными параметрами.

В качестве критерия оптимальной оценки параметров чаще всего рассматривают максимум условной плотности распределения вероятности W наблюдаемой на интервале значений $[0, T]$ входной реализации

$$Y_0^T = \{y(t), t \in [0, T]\}$$

при заданных значениях параметров:

$$\lambda = \max_{\lambda}^{-1} W(Y_0^T | \lambda) \quad (2)$$

где $\lambda = [\tau \ f_d]^T$ - информационные параметры сигнала.

Можно показать, что условная плотность вероятности $W(Y_0^T | \lambda)$ является монотонной функцией достаточной статистики $X^2(T, \lambda)$ которая определяется соотношениями:

$$X^2(T, \lambda) = I^2(T, \lambda) + Q^2(T, \lambda)$$

$$I(T, \lambda) = \int_0^T y(t)h(t-\tau)\cos((\omega_0 + 2\pi f_d)t)dt;$$

$$Q(T, \lambda) = \int_0^T y(t)h(t-\tau)\sin((\omega_0 + 2\pi f_d)t)dt;$$

Соответственно, выражение (2) можно записать в виде:

$$\lambda = \max_{\lambda}^{-1} X^2(T, \lambda) \quad (3)$$

Поиск решения для (3) подразумевает перебор всех возможных значений λ из области определения. На практике оценки параметров τ и f_d дискретизируют, присваивая им некоторые дискретные значения и условно

полагая, что искомые значения параметров τ и f_d также принимают дискретные значения. Пары значений τ и f_d , среди которых производится поиск, называют ячейками. В качестве оптимальной оценки принимают те значения τ и f_d , которым соответствует максимальное значение $X^2(T, \lambda)$. При одновременном анализе всех возможных сочетаний задержки и доплеровского сдвига потребуется $N_T N_f$ параллельных каналов, где N - число дискретных значений соответствующего параметра.

Очевидно, что практическая реализация полного параллельного поиска весьма затруднительна, поэтому применяют параллельно-последовательные или последовательные алгоритмы поиска, упрощающие аппаратную часть. Кроме этого, вместо запоминания всех измеренных значений $X^2(T, \lambda)$ для последующего выбора наибольшего из них, применяется алгоритм обнаружения сигнала в определенной ячейке (комбинации τ и f_d) по пороговому принципу. Найденное при обработке сигнала значение $X^2(T, \lambda)$ сравнивается с пороговым и принимается решение о наличии сигнала. При отсутствии сигнала анализируется следующая ячейка, а при наличии происходит переключение в режим сопровождения по τ и f_d .

На рис. 1 приведена упрощенная схема устройства обработки сигналов и извлечения навигационной информации S выхода усилителя промежуточной частоты входной сигнал поступает на умножители, формирующие синфазную I и квадратурную Q составляющие. С опорной станции на вход приемного устройства поступает сигнал с частотой $f_{sj} = f_0 + f_{dj}$. В синтезаторе частот по команде блока управления устанавливается частота f_{cj} , такая, что $f_{sj} - f_{cj} = f_{np}$, где f_{np} -промежуточная частота УПЧ. Это условие выполняется (на уровне оценки) если правильно выбрана оценка значения f_{dj} соответствующая значению анализируемой ячейки.

По команде блока управления также формируется задержка τ_j опорного сигнала, в соответствии со значением для анализируемой ячейки. Генератор ПСП вырабатывает кодовую последовательность $h(t - \tau_j)$, соответствующую дальномерному коду и сдвинутую на τ_j , которая затем умножается на опорный сигнал от опорного генератора: $h(t - \tau_j) \times \cos(\omega_{cj} t)$.

Полученное колебание поступает на умножители каналов формирования синфазной I и квадратурной Q составляющих. Сигналы с выходов умножителей поступают на интеграторы со сбросом, интервал интегрирования для которых задается по команде блока управления задержкой кода. В момент окончания интегрирования напряжение поступает на формирователь квадратуры огибающей $I^2 + Q^2$ и далее на пороговое устройство, где и принимается решение об обнаружении или необнаружении сигнала.



Рис. 1 Упрощенная схема обработки сигналов и извлечения навигационной информации

Если сигнал обнаружен, то принимается решение о сопровождении (захвате). Поскольку число опорных станций ограничено и диапазон возможных значений τ и f_d априори известен (из служебных сообщений и неоперативной информации), количество анализируемых ячеек в ряде случаях может быть существенно уменьшено

Библиографический список

1. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. Под ред. Харисова В.Н., Перова А.И., Болдина В.А. – М.: ИПРЖР, 1998.
2. В.И. Кокорин. Радионавигационные системы и устройства. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006.
3. Фари́на А., Стрдуер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993.

УДК: 621.396

МЕТОД РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ ЛОКАЛЬНОЙ АВТОНОМНОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*Замуруев С.Н., д.т.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Чесноков П.Ю., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Для расчета параметров цифровой линии связи в локальной автономной радионавигационной системе необходимо установить общие соотношения, связывающие основные параметры линии передачи информации. В

соответствии с известным уравнением дальности связи мощность сигнала на входе приемника определяется выражением

$$P_{C_{\text{вх}}} = P_{\text{изл}} \gamma_E G S_{\text{э}} / 4\pi^2, \quad (1)$$

где $P_{\text{изл}}$ - средняя мощность сигнала, излучаемого передатчиком;

G - коэффициент направленного действия антенны передатчика;

$S_{\text{э}}$ - эффективная площадь приемной антенны;

r - расстояние между передатчиком и приемником;

γ_E - коэффициент, учитывающий потери энергии сигнала в среде за счет поглощения.

Коэффициент потерь γ_E обычно принято выражать в виде

$$\gamma_E = 10^{-0,1\alpha r} \quad (2)$$

где α - коэффициент затухания, определяющий потери на поглощение в децибеллах на километр, зависящий от физико-химических свойств среды распространения и частоты сигнала.

Экспериментальные исследования [1] показывают, что для электромагнитных колебаний с длиной волны $\lambda > 10$ см потери поглощения невелики и с ними в первом приближении можно не считаться. Однако для колебаний с длиной волны $\lambda < 5$ см потери поглощения становятся заметными. Так, в зависимости от метеорологических условий потери в атмосфере могут составлять

$$\alpha \approx 0,002 - 0,2 \text{ дБ/км для } \lambda \approx 5 \text{ см;}$$

$$\alpha \approx 0,01 - 1,0 \text{ дБ/км для } \lambda \approx 3 \text{ см.}$$

Итак, с учетом (2) выражение (1) принимает вид

$$P_{C_{\text{вх}}} = P_{\text{изл}} \frac{G S_{\text{э}}}{4\pi^2} \exp(-0,23\alpha r). \quad (3)$$

При расчете параметров цифровой линии связи необходимо учитывать исходные данные и начальные условия: тип канала диапазон возможных рабочих частот, тип ожидаемых помех и их статистику, вид сигнала и ширину его спектра. Если основными помехами в линии связи являются внутренние флуктуационные шумы и другие случайные помехи шумового типа (например, космические шумы в радиолиниях, шумы моря в гидроакустических линиях, и т. п.), то, пересчитав все эти помехи ко входу приемника, можно определить результирующую спектральную плотность помех на входе в виде

$$N_{0\Sigma}(f) = \sum_i N_{0i}(f), \quad (4)$$

где N_{0i} - спектральная плотность случайной помехи i -го вида, пересчитанная ко входу приемника.

Мощность всех помех на входе приемника, определяемая в полосе частот Δf_{Σ} , занимаемой спектром сигнала, равна

$$P_{\Sigma \text{ вх}} = \int_{f_0 - \Delta f_{\Sigma}/2}^{f_0 + \Delta f_{\Sigma}/2} N_{0\Sigma}(f) df \quad (5)$$

где f_o — частота несущей.

В простейшем случае, когда основной помехой являются только внутренние флуктуационные шумы приемника с равномерной спектральной плотностью N_o , мощность помехи на входе (при согласованном входе) равна

$$P_{ш\ BX} = N_o \Delta f_{\Sigma} = k T_{\Sigma} \Delta f_{\Sigma} \quad (6)$$

где k - постоянная Больцмана ($k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К), T_{Σ} - эквивалентная шумовая температура входа.

С учетом выражений (3) и (4) отношение средней мощности сигнала к средней мощности шума на входе приемника определяется формулой

$$\left(\frac{P_C}{P_{ш}} \right)_{BX} = \frac{P_{изл} G S_{\Sigma}}{4\pi^2 N_o \Sigma \Delta f_{\Sigma}} \exp(-0,23\alpha r) \quad (7)$$

Это выражение определяет фактическое отношение сигнал/шум на входе приемника при известных параметрах линии связи.

Пусть для того, чтобы обеспечить требуемую вероятность ошибки при передаче одной двоичной единицы информации, необходимо иметь энергетическое отношение сигнал/шум

$$h_{0\ TP}^2 = E_0 / N_o \Sigma = (P_C / P_{ш})_{BX} \tau_0 \Delta f_{\Sigma} \quad (8)$$

Тогда требуемое отношение сигнал/шум на входе приемника

$$(P_C / P_{ш})_{TP} = h_{0\ TP}^2 / \tau_0 \Delta f_{\Sigma} \quad (9)$$

При определении требуемого отношения сигнал/шум в соответствии с выражением (9) обычно не учитывается ряд причин, снижающих помехоустойчивость приема. К их числу относятся неидеальность синхронизации, наличие интерференционных искажений, влияние трудно учитываемых особенностей распространения и ряд других факторов.

Учет указанных причин существенно затрудняет анализ помехоустойчивости и обычно такой анализ проводят при упрощающих допущениях, а затем стремятся обеспечить такие условия работы и так выбрать параметры, чтобы принятые допущения были приемлемы.

Чтобы ослабить влияние указанных неучитываемых причин, часто требуемое отношение сигнал/шум берут с некоторым запасом (системный запас), т. е.

$$(P_C / P_{ш})_{TP} = \gamma_{сист} h_{0\ TP}^2 / \tau_0 \Delta f \quad (10)$$

Коэффициент запаса $\gamma_{сист}$ в зависимости от конкретных условий обычно выбирают в пределах от 2 до 10 (3-10 дБ).

Для того чтобы линия связи обеспечивала передачу информации с помехоустойчивостью не ниже заданной, необходимо выполнить условие

$$(P_C / P_{ш})_{BX} \geq (P_C / P_{ш})_{TP}. \quad (11)$$

Приняв во внимание (7), (10) и (11), имеем:

$$\frac{P_{изл} G S_{\Sigma}}{4\pi^2 N_o \Sigma} \exp(-0,23\alpha r) \geq \gamma_{сист} \frac{h_{0\ TP}^2}{\tau_0}. \quad (12)$$

Из теории информации известно, что пропускная способность симметричного дискретного канала определяется выражением [2, 3]

$$C = \frac{1}{\tau_0} [\log_2 n + P_{ош} \log_2 \frac{P_{ош}}{n-1} + (1 - P_{ош}) \log_2 (1 - P_{ош})], \quad (13)$$

где n - основание первичного кода, $P_{ош}$ - вероятность ошибочного приема информационного символа длительностью τ_0 .

Симметричным дискретным называют канал, у которого одинаковы алфавиты на входе и выходе и одинаковы условные вероятности ошибочного приема любого из символов входной цифровой последовательности.

При условии, что требуется малая вероятность ошибочного приема ($P_{ош} \ll 1$), выражение (13) можно записать в виде

$$C \approx \log_2 n / \tau_0 = \max R_T \log_2 n, \quad (14)$$

где $\max R_T$ - максимальная техническая скорость передачи цифровой информации, выраженная в бодах.

В важном частном случае симметричного бинарного канала ($n=2$) имеем

$$C \approx \max R_T = 1 / \tau_0. \quad (15)$$

В реальных условиях обеспечить передачу со скоростью, определяемой выражениями (14) и (15), не удастся, так как реальная техническая скорость передачи снижается из-за того, что часть общего времени передачи приходится тратить на передачу синхронизирующих сигналов, а также на защитные интервалы между кодовыми комбинациями. Поэтому можно записать

$$R = \gamma_R \max R_T = \gamma_R / \tau_0, \quad (16)$$

где $\gamma_R < 1$ - коэффициент, учитывающий уменьшение скорости передачи

В реальных каналах передачи информации величина γ_R может принимать значения порядка 0,6—0,9 в зависимости от конкретных условий работы, параметров канала и т. п.

С учетом изложенного, реальная информационная скорость передачи в симметричном дискретном канале с малой вероятностью ошибки определяется величиной

$$R = \gamma_R \max R_T \log_2 n = \gamma_R \log_2 n / \tau_0. \quad (17)$$

С учетом (17) выражение (12) принимает вид:

$$\frac{P_{изл} G S_{\Sigma}}{4\pi^2 N_{0\Sigma}} \exp(-0,23\alpha r) \geq \frac{\gamma_{сис\tau}}{\gamma_R} \frac{h_0^2 TP}{\log_2 n} R. \quad (18)$$

Это выражение является исходным и позволяет решать разнообразные задачи, связанные с расчетом параметров линии связи.

Анализ существующих требований к вероятности ошибки различных радиоканалов показывает, что достаточным является обеспечение ее значения на уровне $P = 10^{-6} - 10^{-7}$.

Библиографический список

1. Беляевский Л.С., Новиков В.С., Олянюк П.В. Основы радионавигации. – М.: Транспорт, 1982.
2. Бабич О.А. Обработка информации в навигационных комплексах. – М.: Машиностроение, 1991.
3. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС. Под ред. Харисова В.Н., Перова А.И., Болдина В.А. – М.: ИПРЖР, 1998.
4. Кокорин В.И. Радионавигационные системы и устройства. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006.

УДК: 621.396

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

*Зенин А.Ю., аспирант кафедры «Радиолокация и радионавигация»
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Грузоперевозки в наше время занимают огромную часть в жизни коммерческих, государственных, а также военных организации. Грузоперевозки по железной дороге потребляют меньше энергии, производят меньше загрязнений и обеспечивают более высокую безопасность, чем автомобильный грузовой транспорт. Поэтому, местные национальные политики выступают в пользу модального изменения: большинство грузов должно быть транспортировано по железной дороге. Однако, на практике, относительная доля железнодорожных грузовых перевозок непрерывно сокращалась на протяжении всего последнего десятилетия. В отдельных странах, около 82% (1132.79 миллионов) тонно-километров были перевезены на грузовом автомобильном транспортном средстве и только около 18% (242.56 миллионов) тонно-километров железнодорожным транспортом. Это связано с тремя основными причинами:

1. Изменениями в структуре товаров: транспортировка большого объема, товаров низкой стоимости – область железнодорожного транспорта, снизилась относительно дорогостоящих товаров, товары которые часто поставляются в небольших количествах, но с большей регулярностью, это стало областью автомобильных грузовых перевозок.

2. Увеличение ассортимента продукции, сокращение жизненных циклов продукта и предотвращение дорогостоящего хранения запаса требуют, чтобы товары были перемещены быстро от производителей через систему поставок и чтобы сразу продавались в розницу. Скорость и надежность

услуг логистики становится важным оружием в борьбе за доли рынка. Для этого функции, “колес”, в транспортной цепи должны работать вместе. Одним центром организации грузовых перевозок управлять легче, он является более гибким и предлагает огромный потенциал, в то время как организация железнодорожного транспорта требует больше времени, затрат, часто негибкий график перевозок, что является менее надежным.

3. Большое преимущество железнодорожных грузоперевозок – в их эффективности на больших расстояниях – это подрывают низкие дорожные цены грузопотока и неравное время стоимости: железные дороги должны покрывать свои собственные расходы на инфраструктуру, в то время как автомобильный грузопоток это касается незначительно.

Первая причина является неизбежной тенденцией в высокоразвитом обществе; последняя причина - это проблема должна быть решена политическим образом. Поэтому, только вторая причина предлагает себя как область, которая будет связана с индустрией интермодальных перевозок в промышленности, которая будет исследована, развита и сможет продемонстрировать новые технологические и организационные решения, через которые может быть преодолен конкурентоспособный разрыв между железнодорожным и автомобильным грузопотоком.

Диапазон технологических и организационных инноваций в этой области обширен: новые перегрузочные технологий, информационные системы и системы связи, железнодорожные магистрали, международное сотрудничество, эксплуатационная совместимость железнодорожных систем и др. Область, которая пока еще не нашла место научного внимания, систем обнаружения и отслеживания, которые позволят тем, кто занимается смешанными перевозками товаров, чтобы лучше управлять и оптимизировать их мобильные ресурсы (локомотивы, железнодорожные вагоны, оборудование перегрузки, загрузка единиц и дорожные грузовые транспортные средства, различные терминалы перегрузок) и предложить дополнительную информацию клиентам, (экспедиторов, грузоотправителя и получателями товаров) в форме информации о положении, о продвижении груза в поездке смешанных перевозок. Рис. 1 показывает пример цепи смешанных перевозок со следующими главными фазами. Предварительная транспортировка с использованием нескольких видов транспорта, выбор транспортной единицы на пути от отправителя к следующему интермодальному терминалу.

В то время как поставщики услуг по комбинированным перевозкам, также как и клиенты признают потенциальную полезность системы обнаружения и отслеживания информации, попытки ввести систему обнаружения и отслеживания в среде смешанных перевозок либо провалились, либо были созданы частично, ограничивается отдельными операторами или национальной сетью, обеспечивая тем самым остаточную выгоду пользователю международных комбинированных перевозок.

В последние годы в мире наблюдается тенденция отслеживания грузов при интермодальных перевозках с использованием технологии радиочастотной идентификации.

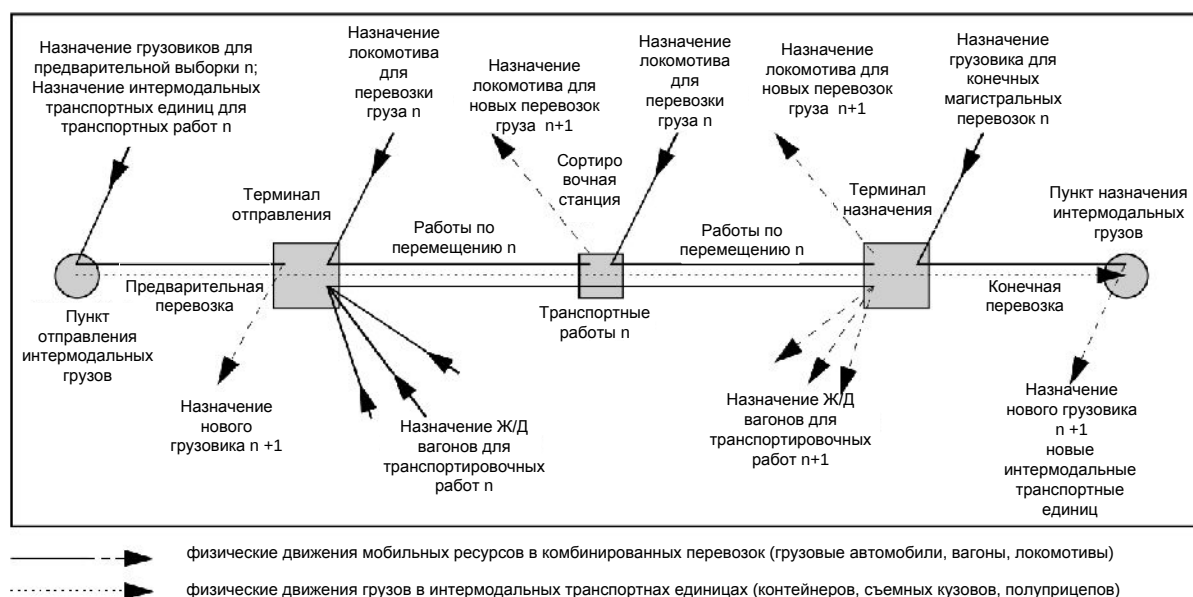


Рис.1 Пример комбинированного транспортного процесса и потоки мобильных ресурсов, задействованные в процессе перевозок

Технологии автоматической идентификации появились в 1970-х годах и впервые реализована американской фирмой Amtech в середине 1980-х годов [1], автоматические системы идентификации основаны на передаче радиочастоты (RF) на короткие расстояния и состоят из радиометок, которые присоединены к транспортному средству или оборудованию и считывателя, мобильного или стационарного. Считыватели содержат радиочастотные модули, одну или несколько антенн и устройства опроса.

Технология называется технологией модуляции обратного рассеяния и позволяет считывателям общаться с движущимися объектами которые отмечены на расстоянии до 200 метров. Радиочастотный модуль генерирует непрерывный радиочастотный сигнал в одном из двух частотных диапазонов, утвержденных для электронной идентификации (915 и 2450 МГц), который излучается антенной в области, называемой зоной считывания или зоной обслуживания. Метки содержат идентификационный код и информацию для конкретного транспортного средства или оборудования. Когда метки на транспортном средстве или оборудовании входят в зону чтения считывания антенны, радиочастотные метки распознают излучаемый сигнал, модулирует его кодированной информацией и отправляют его обратно к антенне с помощью отражения.

Метки в качестве источника питания могут иметь литиевые батареи (активные метки) или питаться от энергии облучающего сигнала (пассивные метки). Метки на батареях требуют пониженной радиочастотной мощности и имеют больше функций. Активные радиометки представляют

собой малогабаритное электронное изделие состоящие из приемопередатчика, микропроцессора и ПЗУ. Может оснащаться интегрированным датчиком ускорения и иметь возможность подключения внешних датчиков.

Каждая активная радиометка может выступать в роли ретранслятора сигнала других меток, образуя таким образом MESH-сеть.

Существует три типа меток (см. Таблицу):

- Транспортные метки: Они питаются от входного радиочастотного сигнала. Данные, закодированные в пассивной метке могут быть изменены только путем удаления меток из оборудования и повторного ввода данных. Транспортные метки служат только для контроля времени и даты когда оборудование было считано и для передачи других постоянных запрограммированных данных, такие как тип и размеры оборудования.

- Динамические метки: Поля данных меток могут быть изменены защищенным входом. В дополнение к локализации помеченной транспортной единицы, это позволяет вести некоторый контроль за статусом единицы.

- The Dynicom tag: Они питаются от литиевой батареи, их содержание может быть изменено путем подключённого входа, но и также через сигнал считывателя. В дополнение к локализации и статусу, контролирующему, который позволяет передачу информации от внешнего мира до внутренней части помеченной транспортной единицы, например в целях автоматизации.

Типы меток автоматической идентификации

Типы меток/ Критерии эффективности	Транспортная метка	Динамическая метка	Dynicom
Мощность	питание через входящий радиочастотный сигнал	питание через входящий радиочастотного сигнал	питание через литиевую батарею
Изменение со- держимого	с помощью уда- ления и повтор- ного ввода дан- ных	через проводной вход	через проводной вход
Пригодность к высоким скоро- стям (до 400км/ч)	до 150км/ч	до 150км/ч	до 400км/ч

Дополнительный вход позволяет связывать метки с датчиками, расположенных в транспортном средстве или грузовой единице, которые измеряют, к примеру, уровень топлива, серьезность воздействий окружающей среды, статус дверей или температуры. Эта информация может быть прочитана из меток, когда она проходит через считыватель и передаваться к

компьютеру в качестве предварительной информации мониторинга. Передача информации от считывателя к метке поддерживает задачи автоматизации, например, показ информации о местоположении пассажиров в поезде.

Существует множество стандартов и предложений по стандартизации в области автоматической системы идентификации оборудования:

- Ассоциация американских железных дорог S-918 располагает обязательным стандартом для автоматической идентификации оборудования.

- Международный стандарт ISO 10374 и европейский стандарт EN 10374 для идентификации интермодальных грузовых контейнеров с использованием транспортных меток.

- Международный союз Chemins de Fer МСЖД) имеет европейский стандарт (EN 1214) для объединенной европейской автоматической системы идентификации транспортного средства для локомотивов и железнодорожных вагонов, базирующихся на признаке Динамо меток.

- Стандарт для автоматической идентификации съемных кузовов был составлен на ЕКС ТК 119 на основе огромного опыта эксплуатации, что ISO TC 104 получили при разработке ISO 10374 для контейнеров.

Считыватели могут быть установлены в стратегически важных пунктах, таких как железнодорожные узлы, участки, ворота депо, объектов технического обслуживания или пограничных переходов. Только тогда, когда оборудование с метками проходит считыватель, метка идентифицирует оборудование и считыватель передает время, дату, заранее запрограммированную информацию и, в зависимости от типа меток, также информацию о положении, на главный компьютер.

Есть три возможных конфигурации автоматической системы идентификации оборудования, которые в основном несовместимы друг с другом:

- Вертикальное считывание с одной меткой и одним считывателем: считыватель установлен в полотне между рельсами и читаемыми пунктами верхнего считывающего луча. Метка установлена ниже железнодорожного вагона или локомотива, указывая вниз.

- Горизонтальное считывание с одной меткой и двумя считывателями: Два считывателя установлены по обеим сторонам дороги, ворот депо или железнодорожных путей, считывающий луч, покрывает область выше дороги или пути, горизонтально, на определенной высоте. Одна метка крепится на одной стороне транспортного средства или оборудования, в наружном выступе.

- Горизонтальное считывание с двумя метками и одним считывателем: считыватель установлен только на одной стороне дороги, ворот или железнодорожных путей, считывающий луч покрывает площадь над дорогой или путями, горизонтально, на определенной высоте. Две одинаковые метки крепятся к транспортному средству или оборудования, по одному с каждой бортовой стороны. Только одна метка, которая находится на борту, на которой находится считыватель, считывается.

Несовместимость конфигураций означает, что, например, горизонтальный считыватель, который установлен с одной стороны железнодорожного пути, вряд ли прочтает метку, которая установлена ниже железнодорожного вагона, предназначенной для вертикального чтения. Конфигурации имеют различную производительность и финансовые затраты и будут обсуждаться более подробно в следующей главе.

Библиографический список

1. Технологии автоматической идентификации/ Мюллер С.В. - Sevilla.: Transport of Europe, 1995. – с. 192
2. Инвариантный статистический анализ и управление в транспортных системах / Трифанов В.Н. - СПб.: Элмор, 2003. – с. 192
3. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики: учебник для вузов / под ред. Переборова А.С. – М.: Транспорт, 1984. – с. 384
4. Институт перспективных технологических исследований «Системы обнаружения и отслеживания в комбинированных грузоперевозках» // Кристиан Хеллер. - Sevilla.: Transport of Europe, 2009. – с. 23.

УДК: 621.396

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РЛС ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА

***Королев А.Н. к.т.н., профессор, Котов А.Ф., д.т.н., профессор,
Васинкин А.С., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия***

Известно, что точность измерения дальности в современных РЛС значительно выше, чем точность определения ортогональной к дальности координаты, особенно на больших расстояниях. Виной тому относительно низкая точность измерения пеленгов цели. Использование интерферометров, принципиально, могло бы обеспечить более высокую точность пеленгации целей, однако, их применение на практике сопряжено с преодолением множества технических сложностей – многочастотное устранение неоднозначностей отсчетов, неидентичность каналов обработки сигналов, искажения фазового фронта отраженной волны и т.д. [1]. Часть этих проблем можно устранить, если калибровать интерферометр реальным эхо сигналом, отраженным от тестового объекта с известными координатами. Следовательно, необходимо рассмотреть активную многопозиционную РЛС (МРЛС) с приемными позициями совмещающими функции интерферомет-

ра, пеленгатора и дальномера, в которой для калибровки интерферометра используются собственные измерения координат тестового объекта. При этом полезным оказывается свойство МРЛС точно измерять координаты цели, расположенной на близком расстоянии, соизмеримом с размером ее базы. Если тестовый объект расположить в зоне неосновного излучения передающей антенны, то отраженные от него эхо сигналы позволят калибровать интерферометр для каждого зондирующего импульса. При этом следует выделять калибровочные отклики в специальных строках дальности, настроенных на расстояние до тестового объекта. Кроме этого, определение координат реальной цели «неинтерферометрической частью МРЛС» с относительно невысокой точностью, позволяет существенно сузить зону неоднозначности отсчетов фазы интерферометра так же в течение одного эхо сигнала. Подтвердим расчетом ожидаемые технические показатели предлагаемого варианта МРЛС.

Для упрощения расчетов и придания результатам более наглядной формы используем плоскую модель МРЛС. В центр системы координат поместим источник излучения зондирующего сигнала, а на равных расстояниях от него по оси ОХ расположим две приемных позиции, расстояние между которыми обозначим B (база МРЛС). Будем полагать, что рабочая зона МРЛС – полуплоскость $y > 0$, причем рабочая дальность не превышает некоторого известного значения R_{max} , которое определяется низким отношением сигнал/шум Q_{min} , гарантирующим заданные параметры обнаружения. Поместим в произвольную точку рабочей зоны цель, обозначив ее координаты следующим образом R_c – дальность, A_c – угол, отсчитываемый от оси ОУ. На дальности R_k и луче с произвольным углом расположим тестовый объект, полагая, что его ЭПР достаточна для высокоточного измерения его координат. Необходимые для расчетов параметры сигнала определим таким образом: f – несущая частота, F – ширина спектра, T – длительность. Определение потенциальных точностных характеристик МРЛС основано на использовании оптимальных измерителей, точность которых зависит от отношения сигнал/шум. Однако при чрезмерно высоких отношениях сигнал/шум, что характерно для сверхмалых дальностей до цели (тестового объекта) сверхточность измерений должна быть ограничена. Используем для этих целей параметр Q_{max} – ограничивающее отношение сигнал/шум, которое препятствует повышению точности измерений. Изменение отношения сигнал/шум Q измерителей при изменении дальности при сделанных допущениях может быть описано следующей моделью

$$\frac{1}{\sqrt{Q}} = \sqrt{\left(\frac{1}{Q_{max}}\right) + \left(\frac{1}{Q_{min}}\right) \left(\frac{R_c}{R_{max}}\right)^4} \quad (1)$$

Следовательно, погрешности измерения времени SKO_t и частоты SKO_f определяются выражениями

$$SKO_t = \frac{1}{F} \frac{1}{\sqrt{Q}}, \quad SKO_f = \frac{1}{T} \frac{1}{\sqrt{Q}} \quad (2)$$

Для определения погрешности измерения времени нтерферометром SKO_{ti} , следует выяснить, какие погрешности устраняет калибровка и как неточности этой процедуры отражаются на результирующей погрешности. Если бы у интерферометра была только шумовая составляющая погрешности, обусловленная изменениями отношения сигнал/шум, то ее можно было бы описать соотношением, аналогичным (2), а именно

$$SKO_{ti_n} = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\left(\frac{1}{Q_{max}}\right) + \left(\frac{1}{Q_{min}}\right) \left(\frac{Rc}{R_{max}}\right)^4} \quad (3)$$

Предполагаем, что в результате калибровки, технические погрешности интерферометра устраняются, однако появляется дополнительная случайная компонента, определяемая погрешностью калибровки. Поскольку калибровочное время определяется для тестового объекта расположенного в точке Rk то дополнительная погрешность может быть приближенно записана согласно (1) и (2) в виде соотношения

$$SKO_{ti_k} = \frac{1}{F} \sqrt{\left(\frac{1}{Q_{max}}\right) + \left(\frac{1}{Q_{min}}\right) \left(\frac{Rk}{R_{max}}\right)^4} \quad (4)$$

Полагая рассмотренные погрешности статистически независимыми, получим окончательный результат через сумму их дисперсий. Следовательно, для среднеквадратической погрешности справедливо выражение

$$SKO_{ti} = \sqrt{\left(\frac{1}{2\pi f}\right)^2 \left(\left(\frac{1}{Q_{max}}\right) + \left(\frac{1}{Q_{min}}\right) \left(\frac{Rc}{R_{max}}\right)^4\right) + \left(\frac{1}{F}\right)^2 \left(\left(\frac{1}{Q_{max}}\right) + \left(\frac{1}{Q_{min}}\right) \left(\frac{Rk}{R_{max}}\right)^4\right)} \quad (5)$$

Для рассматриваемой МРЛС максимальная точность измерения дальности Rc и радиальной составляющей скорости Vc достигается при использовании эллиптического метода измерения временных интервалов и частот на двух полубазах МРЛС. На основании известных соотношений [2] и простейших преобразований, нетрудно получить результирующее выражение для искомых погрешностей

$$SKO_{Rc} = \frac{Co}{F} \left(\frac{\sin \gamma/2}{\sin \gamma}\right) \sqrt{\left(\frac{1}{Q_{max}}\right) + \left(\frac{1}{Q_{min}}\right) \left(\frac{Rc}{R_{max}}\right)^4} \quad (6)$$

$$SKO_{Vc} = \frac{Co}{f \cdot T} \left(\frac{\sin \gamma/2}{\sin \gamma}\right) \sqrt{\left(\frac{1}{Q_{max}}\right) + \left(\frac{1}{Q_{min}}\right) \left(\frac{Rc}{R_{max}}\right)^4} \quad (7)$$

где $\gamma = 2 \operatorname{atan} \frac{B \cos Ac}{2Rc}$ – угол видения базы МРЛС из точки расположения цели, Co – скорость распространения сигнала.

Погрешности определения ортогональных к дальности и радиальной скорости компонент обозначим через SKO_{RcN} и SKO_{VcN} соответственно. Ортогональные составляющие вектора координат RcN и вектора скорости VcN определяются при использовании гиперболического метода измерений на двух полубазах МРЛС. Использование известных соотношений [2], позволяет получить следующий результат для искомых погрешностей

$$SKO_{RcNi} = 4 Co \left(\frac{Rc}{B} \cos Ac\right) \left(\frac{\sin \gamma/2}{\sin \gamma}\right) SKO_{ti} \quad (8)$$

$$SKO_{VcN} = 4 \frac{Co}{f \cdot T} \left(\frac{Rc}{B} \cos Ac \right) \left(\frac{\sin \gamma/2}{\sin \gamma} \right) \sqrt{\left(\frac{1}{Q_{max}} \right) + \left(\frac{1}{Q_{min}} \right) \left(\frac{Rc}{R_{max}} \right)^4} \quad (9)$$

В выражении (8) сомножитель SKO_{ti} , характеризующий погрешности откалиброванного интерферометра, определяется согласно формуле (5). То, что при получении измерений компоненты RcN использовался интерферометр, отражено дополнительным индексом «i» в идентификаторе переменной SKO_{RcNi} . Совокупность выражений (6) и (8) определяет оси эллипса ошибок вектора координат цели, а выражения (7) и (9) – вектора скорости цели для предлагаемого комбинированного варианта МРЛС.

Нетрудно получить соотношение, определяющее выигрыш по точности определения компоненты RcN при использовании интерферометра. Вводя обозначение для коэффициента широкополосности сигнала $Kf = F/f$, коэффициента отношений сигнал/шум $Kq = Q_{max}/Q_{min}$, коэффициента дальности цели $KRc = Rc/R_{max}$ и для коэффициента дальности калибровки $KRk = Rk/R_{max}$ получим результирующее выражение

$$Kig = \frac{SKO_{RcNi}}{SKO_{RcN}} = \sqrt{\left(\frac{Kf}{2\pi} \right)^2 + \frac{1+Kq \cdot KRk^4}{1+Kq \cdot KRc^4}} \quad (10)$$

Еще одним удобным показателем качества измерения координат служит эксцентриситет эллипса ошибок. Для комбинированного варианта МРЛС его можно определить соотношением

$$Ei = \frac{SKO_{RcNi}}{SKO_{Rc}} = 4 \left(\frac{Rc}{B} \cos Ac \right) \sqrt{\left(\frac{Kf}{2\pi} \right)^2 + \frac{1+Kq \cdot KRk^4}{1+Kq \cdot KRc^4}} \quad (11)$$

Анализ полученных соотношений и результатов расчетов показывает, что наибольший выигрыш от использования интерферометра заметен на самых больших дальностях. Например, при $B=1000$ м, $Rk=400$ м, $R_{max}=500$ км, $Ac=5$ град, $Q_{min}=10$, $Q_{max}=10000$, $f=3$ ГГц, $F=30$ МГц, $T=1$ мс., погрешность измерений ортогональной составляющей SKO_{RcN} снижается на максимальной дальности в 70 раз.

Библиографический список

1. Денисов В.П., Дубинин Д.В. Фазовые радиопеленгаторы. Томск, 2002. – с. 251.
2. Справочник по радиолокации. Под ред. Скольника. т4, – М.: Советское радио, 1978. – с. 378.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРОМЕТРИЧЕСКОГО СШП РАДАРА

*Костин М.С., аспирант
кафедра КПРЭС МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Моделирование виброметрического СШП радара

Для бесконтактных радиоволновых методов носителем информации о виброколебаниях выступают ЭМВ миллиметрового или сантиметрового диапазона. Контролируемые объекты могут быть исследованы на расстоянии от сантиметров до нескольких сотен метров, даже в условиях отсутствия оптической видимости. Методы измерения основаны на использовании зависимостей от величины вибраций параметров ЭМВ: амплитуда и фаза отраженного сигнала; частота колебаний; число возбуждаемых типов колебаний; время прохождения радиоволны; поляризация волн. Из всего разнообразия радиоволновых методов измерения вибраций можно выделить две группы: резонаторные и интерференционные [1]. Приведенные методы характеризуются низкой чувствительностью, так как первичным параметром таких систем, в частности, является амплитуда отраженного эхосигнала. Таких недостатков лишен фазовый импульсный метод, где амплитуда отраженного сигнала не участвует в оценке параметров вибрации.

Закон фазовой модуляции эхосигнала связан с законом плоскопараллельных колебаний. Численный алгоритм приема и обработки данных радара основаны на фазовом методе определения дальности. Импульсное СШП зондирование позволяет четким образом сконцентрироваться на заданной цели, тем самым максимальным образом исключив фоновые помехи пространственно разнесенных объектов, генерируемых ложные эхосигналы, и упростить распознавание принимаемых информативных сигналов на фоне помех. СШП радиолокация отличается высоким разрешением по дальности. Для измерения вибрации цели в радаре используется изменение частоты следования отраженных импульсов. Фактически в радаре измеряется не изменение этой частоты, а изменение разности фаз между колебаниями опорного и отраженного импульсов, возникающее из-за того, что периоды следования этих импульсов не совпадают [2,3]. Между периодами повторения эта разность фаз будет изменяться на величину [4]:

$$\Delta \varphi = \Delta \varphi_1 - \Delta \varphi_2 = -\frac{4\pi}{c} f(R_1 - R_2) = -\frac{4\pi}{c} f \nu T_{\Pi}, \quad (1)$$

где $\Delta \varphi_1, \Delta \varphi_2$, – разности фаз при смещении поверхности объекта с расстояния R_1 до R_2 , f – центральная частота СШП импульса, ν – виброскорость, $T_{\Pi} = 1/F_{\Pi}$ – период следования зондируемых импульсов.

Если период следования импульсов равен $T_{\Pi}=d/c$, где d – пространственное расстояние между импульсами, c – скорость света, то частота следования импульсов равна $F_i = 1/T_i = c/d$. Тогда девиацию частоты частота следования отраженных импульсов:

$$F_c = \frac{1}{T_c} = \frac{c}{d - T_i v_c \sin(\omega_c t)} = \frac{F_i}{1 - v_c \sin(\omega_c t)/c}, \quad (2)$$

где $v_c = 2\pi F A_0 \sin(\omega_c t + \varphi)$ – виброскорость, F , A_0 – частота и амплитуда вибраций соответственно.

Рассмотрении принципа действия радиоволнового виброметрического СШП радара, обобщенная структурная и упрощенная функциональная схема которого приведены соответственно на рис.1, а и б.

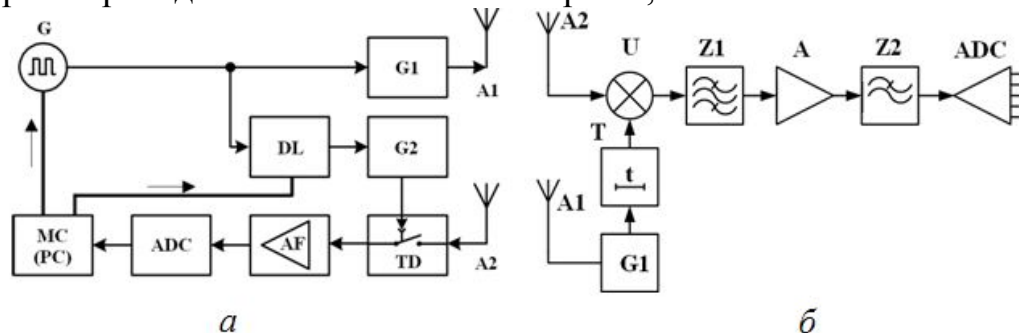
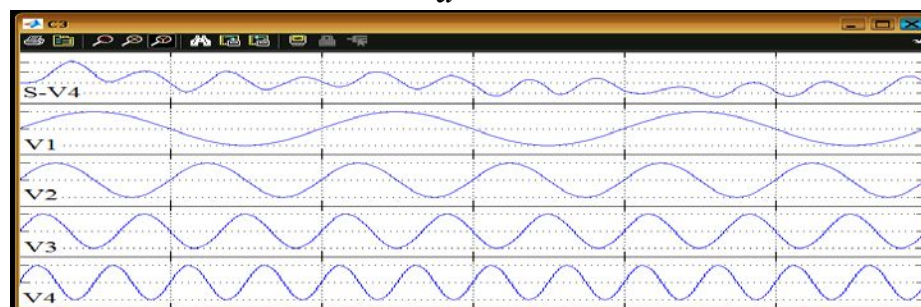


Рис.1 Структурная (а) и упрощенная функциональная (б) схемы радара

Управляемый генератор G вырабатывает прямоугольные строб-импульсы с частотой $0,1 \dots 30$ МГц. Строб-импульсы поступают на формирователь коротких СШП импульсов $G1$ передающей антенны $A1$ и в управляемую линию задержки DL . Узконаправленная антенна $A1$ обеспечивает зондирование исследуемой цели. В реальных условиях радар работает с вносимыми помехами, которые будут искажать виброграмму, маскируя полезный сигнал. Для устранения паразитного эффекта в приемном тракте формируются временные окна, открывающие приемник в момент прихода информативного эхосигнала. Эту задачу в составе системы радара выполняет стробируемый временной дискриминатор TD . Роль опорного сигнала выполняет формирователь $G2$ по своим параметрам идентичный $G1$. Момент включения дискриминатора определяется временной задержкой. Принятые во временных окнах сигналы детектируются, фильтруются и усиливаются интегрирующим усилителем AF . Аналоговый сигнал оцифровывается АЦП ADC для программной обработки на ПЭВМ.

На базе модели виброметрического радара (рис.1,б) была разработана программная функциональная модель устройства (рис.2) с рассмотрением приема сигнала при наличии ложных эхосигналов и гауссовского шума. Реализация модели осуществлена в программной среде Simulink 7.0 [5].

Блоки $S1.P1 \dots S4.P4$ имитируют эхосигналы, $V1 \dots V4$ – функции виброперемещения объектов, $F.P0$ – зондируемый/опорный сигнал. Линии задержки $DL1 \dots DL4$ симулируют пространственное разнесение объектов в пространстве по линии визирования. $DL0$ устанавливает величину времени

[illegible] a 

6

Представленная модель качественным образом демонстрирует принцип действия радара в режиме импульсной СШП радиолокации исследуемой цели в условиях влияния побочных эхосигналов и фоновых помех. Для получения более точных результатов с возможностью моделирования СШП импульса требуется на порядки уменьшить шаг дискретизации времени си-

муляции. В таких случаях подобная задача может быть решена с применением алгоритма параллельных вычислений с использованием видеопроцессорной техники путем дробления временной оси на интервалы.

Библиографический список

1. Ш.Я. Вахитов, Ю.А. Ковалгин, А.А. Фадеев. Акустика/ Под ред. профессора Ю.А. Ковалгина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – с. 660.
2. Н.И. Иванов. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. –М.: Логос, 2010. – с. 424.
3. Котоусов А.С. Теоретические основы радиосистем. Радиосвязь, радиолокация, радионавигация. – М.: Радио и Связь, 2002. – с. 224.
4. <http://uwbgroup.ru/>
5. Mahafza, Bassem R. Radar systems & analysis and design using Matlab. – USA.: CHAPMAN & HALL/CRC, 2009. – p. 533.

УДК: 621.396.96

УСТРОЙСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОГО РАДИОСИГНАЛА

Кравченко Д.С., аспирант МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Основные положения

Предлагаемое устройство цифровой обработки и запоминания копии радиосигнала построено на современной элементной базе. В устройстве осуществляется дополнительная функция модуляции различного вида.

Осуществляется перенос принимаемого сигнала из диапазона 750 ...1250 МГц в диапазон с максимальной частотой 250 МГц.

В соответствии с теоремой Котельникова частота дискретизации составляет 500 МГц.

Такой способ преобразования входного сигнала, позволяет в два раза сузить полосу промежуточных частот, в которой осуществляется дискретизация сигнала, уменьшить в два раза тактовую частоту, однозначно и без потерь мощности восстанавливать сигнал в рабочий частотный диапазон.

Сверхширокополосная обработка радиосигнала с мгновенной полосой запоминания и воспроизведения составляет 500 МГц.

В устройстве используется 6-ти разрядное амплитудное квантование. Соотношение сигнал/шум составляет более 36 дБ.

Устройство может быть запрограммировано на работу в следующих режимах:

- одновременная запись и воспроизведение сигнала с модуляцией по частоте и задержке,
- одновременное воспроизведение 2-х сигналов в режиме микширования,
- воспроизведение 8-ми сигналов с разделением по времени (в случае совпадения воспроизводимых импульсов по времени воспроизводится наиболее приоритетный сигнал, приоритеты устанавливаются программно).

Рабочая программа, определяющая работу устройства, загружается в область памяти команд перед началом работы. Устройство стартует при подаче немаскируемого прерывания от внешнего процессора.

Структура устройства позволяет минимизировать обращения от внешнего процессора, поскольку работает автономно.

При этом внешний процессор может изменять параметры воспроизведения (модуляцию, частотный сдвиг, задержку, приоритеты, полосы шума и др.), не прерывая работы внутренней программы.

Описание структурной схемы устройства УФЦР

Структурная схема устройства формирования цифрового радиосигнала представлена на рис 1. Основными узлами устройства являются: радиочастотный и цифровой обработчик сигналов. Радиочастотный обработчик сигналов состоит из квадратурного преобразователя вниз, квадратурного преобразователя вверх, синтезатора частоты 1 ГГц и стабилизатора напряжения.

Цифровой обработчик сигналов состоит из синтезатора частоты 600 МГц, СБИС 1879ВМЗ, шинного формирователя и формирователя сигналов управления 3,3/5 В.

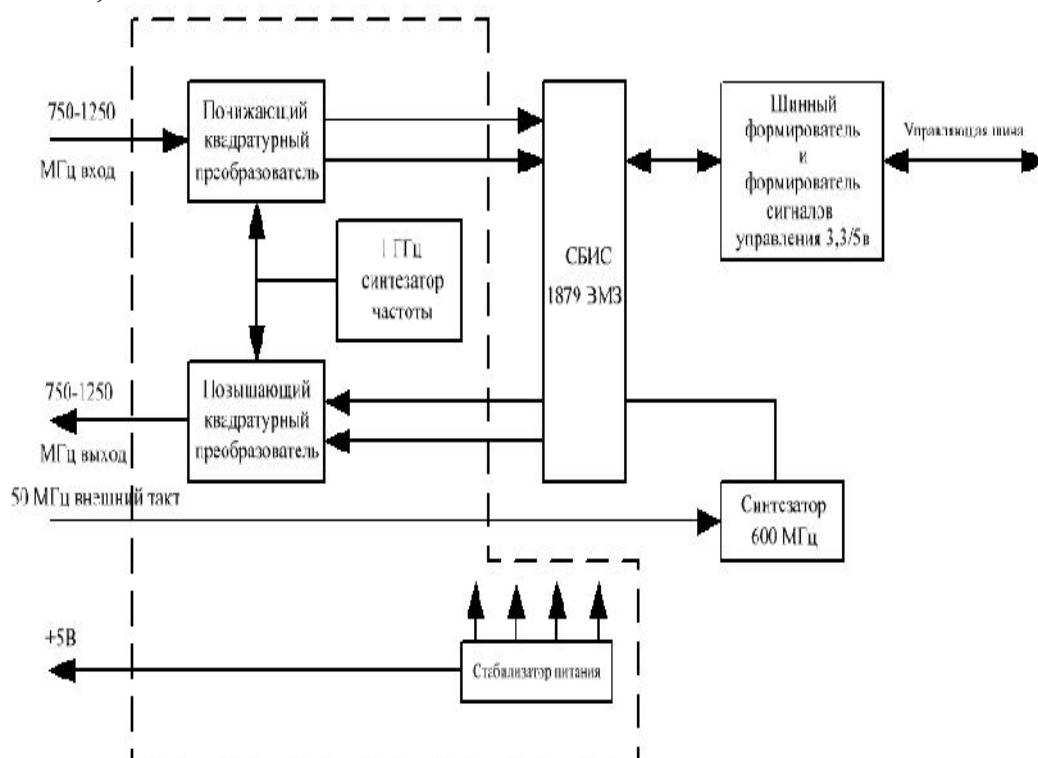


Рис.1 Структурная схема цифрового обработчика сигнала

Квадратурный преобразователь вниз состоит из четырех идентичных активных смесителей и схемы привязки уровня выходного напряжения к опорному напряжению АЦП. На выходах формируется дифференциальный выходной сигнал и ортогональный ему дифференциальный сигнал в диапазоне частот 0...250 МГц (со сдвигом фазы 90°), которые подаются на АЦП. Функции однозвенных фильтров нижних частот на входе АЦП с частотой среза около 400 МГц выполняют входные индуктивности платы и емкости входов АЦП. Схема привязки синфазного уровня выходного напряжения поддерживает постоянное напряжение на выходах всех четырех смесителей на уровне 1,25В.

Квадратурный преобразователь вверх состоит из двух активных двухбалансных модуляторов и согласующей цепи, выполняющей роль полосового фильтра.

Наличие в схеме преобразователей частоты вверх и вниз вызывает появление в выходном сигнале частоты 1 ГГц и зеркальных составляющих сигнала, уровень этих составляющих определяется балансировкой схемы и для данного устройства составляет не более -25 дБ.

Синтезатор частоты 1 ГГц выполнен на основе петли фазовой автоподстройки частоты с синхронизацией по внешнему опорному сигналу 50 МГц.

Синтезатор частоты 600 МГц выполнен также на основе петли фазовой автоподстройки частоты с синхронизацией по внешнему опорному сигналу 50 МГц.

Микросхема 1879ВМ3 представляет собой быстродействующий программируемый сигнальный контроллер. В микросхеме используется принцип квантования амплитуды сигнала с последующей упаковкой восьми квадратурных отсчетов в 128-битовое слово и запоминание его в памяти данных.

Основными функциями сигнального программируемого контроллера является:

- оцифровка, запись и хранение в памяти цифровой копии сигнала;
- восстановление сигнала из хранящейся в памяти цифровой копии сигнала;
- осуществление вычислений, в соответствии с заданными законами модуляции;
- управление работой устройства формирования цифрового радиосигнала в соответствии с программой, заранее размещенной в памяти команд контроллера, и обеспечивает требуемый алгоритм работы устройства.

Библиографический список

1. Радиопередающие устройства: Учебник для вузов/ под ред. академика В. Шахгильдяна – М.: Радио и Связь, 2003. – с. 560.

2. Радиопередающие устройства: Учебник для техникумов/ Шумилин М.С., Головин О. В. – М.: Высшая школа , 1981.

– с. 293.

3. <http://rfdesign.ru/> Архитектура тракта передачи РЧ блоков устройств мобильной связи.

УДК: 621.371.362.2

ТЕНДЕНЦИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВАРИЙНЫХ РАДИОМАЯКОВ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, В РАМКАХ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ КОСПАС-САРСАТ

Лобов А.А., аспирант, Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики, Москва, Россия

Реализация Транспортной стратегии России до 2030 года предусматривает достижение шести основных целей. Одна, из них - «повышение уровня безопасности транспортной системы. Это позволит повысить эффективность работы аварийно-спасательных служб, гражданской обороны, подразделений специальных служб...».

Хорошо известно, что воздушный транспорт стал одним из основных средств массовых перевозок пассажиров в мире. Воздушные перевозки осуществляет гражданская авиация, имеющая более широкое, чем только транспортное, применение. Как отрасль народного хозяйства, она участвует в решении не только чисто транспортных, но и некоторых специальных задач. Ее используют в сельском хозяйстве, для борьбы с лесными и иными пожарами, в геологической и ледовой разведке, в спортивных и иных целях. Но, несомненно, главное назначение гражданской авиации - осуществление перевозок пассажиров, грузов и почты по воздуху преимущественно на большие, часто межконтинентальные расстояния. Авиация является незаменимым средством сообщения в труднодоступных, малообжитых регионах Земли, особенно с суровым климатом, как, например, в северных районах Сибири, Дальнего Востока, Камчатки, на Чукотке, Аляске, севере Канады, в джунглях Амазонии, в Сахаре, где нет ни дорог, ни удобных водных путей.

Одним из основных направлений развития авиации в России является малая авиация. Малая авиация – это большая перспективная отрасль, способная принести прибыль регионам субъектов Российской Федерации в сфере экономики, транспортно-воздушных услуг гражданам, развития многофункциональной инфраструктуры.

В развитых странах использование малой авиации составляет весьма существенную долю всех авиаперевозок. По результатам исследований, в мире 86 % всех воздушных судов работают в малой авиации, а 85 % всех полетов относятся к полетам малой авиации (например: в США эксплуатируется свыше 240 тысяч легких самолетов, насчитывается 5400 взлетно-посадочных площадок и площадок для малых летательных аппаратов).

В России спрос на малую авиацию растет изо дня в день. По мнению специалистов, уже сегодня востребована работа небольших воздушных судов в объеме до 1900000 часов в месяц.

Сейчас в состоянии стремительного развития находится деловая авиация (как часть малой авиации, красивый бизнес, который может стать одним из двигателей экономического прогресса страны и серьезной частью национальной экономики практически без привлечения государственного капитала).

Этот факт доказывает перспективы увеличения парка малой авиации России в ближайшие годы.

Вместе с тем, воздушный транспорт, а также используемые им скорости и условия эксплуатации техники предъявляют совершенно особые требования к воздушным судам и их экипажам. Одним из таких требований является оснащение воздушных судов аварийными радиомаяками, которые в критических ситуациях остаются, как правило, единственным средством спасения.

Хотя вероятность гибели одного человека в воздухе и характеризуется величиной 1:500000 полетов, что дает все основания утверждать: авиация остается самым безопасным видом транспорта, однако события произошедшие с воздушными судами, членами экипажей и пассажирами свидетельствуют обратное, и во всех этих аварийных ситуациях были активированы аварийные радиомаяки.

Как показывает практика авиационных происшествий аварийные радиомаяки являются основным техническим средством доведения сигнала бедствия (аварийной информации) через систему КОСПАС-САРСАТ.

Начиная с 1982 г. международная спутниковая система КОСПАС-САРСАТ помогла спасти более 30 тысяч человек при проведении более 9000 поисково-спасательных операций с использованием радиомаяков различных типов, в том числе в Российской Федерации более 1500 человек. Основной целью системы КОСПАС-САРСАТ является сокращение времени предоставления аварийных сообщений службам поиска и спасения, времени на местоопределение бедствия и оказания помощи, что напрямую влияет на вероятность выживания и спасения людей.

Статистика ПС операций с использованием данных Коспас-Сарсат



Рис. 1 Статистика поисково-спасательных операций

Страны, участники, системы КОСПАС-САРСАТ ведут активную работу по разработке требований, которые будут предъявляться к новым радиомаякам, называемых радиомаяками второго поколения.

Один из вопросов обсуждаемый при разработке требований является недостаточность использования для автоматической активации ELT только датчика, выдающего команду при возникновении перегрузок, характеризующих разрушение воздушного судна (G-switch), актуальна и связана с особенностями протекания авиационных происшествий и скоротечностью протекания этих процессов, при которых надёжность передачи аварийного сигнала радиомаяком существенно снижается вследствие ряда факторов таких как:

- высокая вероятность разрушения антенно-фидерного тракта радиомаяка после столкновения воздушного судна с подстилающей поверхностью;
- потеря работоспособности радиомаяка в результате его механического разрушения либо воздействия высоких температур вследствие пожара;
- падения воздушного судна на водную поверхность с последующим затоплением.

Кроме того, своевременность и факт срабатывания датчика G-switch в случае катастрофы, зависят от его характеристик и места установки на воздушном судне.

Таким образом, непременным условием надёжной передачи информации об авиационном происшествии представляется обеспечение условий

заблаговременной автоматической активации и работы радиомаяка от начала критического развития аварийной ситуации до столкновения воздушного судна с подстилающей поверхностью до разрушения в воздухе (срабатывание датчика G-switch).

В рамках предложений по формированию концепции автоматической заблаговременной активации, Российской Федерацией был выдвинут ряд предложений по формированию концепции автоматического включения.

С целью развития выдвинутых предложений, в Российской Федерации было выработано совместное решение, в рамках которого на настоящее время проведен ряд работ по практической реализации концепции заблаговременной автоматической активации.

Работы проведенные ОКБ аварийных радиомаяков с одной стороны и ведущими ОКБ авиапромышленности с другой стороны, позволили создать экспериментальный программно-аппаратный комплекс на базе серийно выпускаемых изделий и провести ряд стендовых испытаний.

Положительные результаты проведенных стендовых испытаний программно-аппаратного комплекса показали правильность стратегии реализации, используемых технических принципов и алгоритмов формирования команд автоматической активации, однако при этом был выявлен ряд новых технических проблем, которые требуют проведения дополнительных работ и исследований.

На базе созданного экспериментального программно-аппаратного комплекса, Российская Федерация планирует провести его летные испытания в течении 2013 г.

В рамках летных испытаний планируется проверить работу программно-аппаратного комплекса по заблаговременной автоматической активации ELT при возникновении условий полёта, которые могут с достаточной уверенностью характеризовать ситуацию на борту воздушного судна, как катастрофическую, или способную привести к катастрофе, а также:

- правильность оптимального выбора устройства, осуществляющего формирование команды автоматической активации ELT;
- правильность выбора критериев, характеризующих ситуацию на борту воздушного судна, как катастрофическую, или способную привести к катастрофе;
- устойчивость работы экспериментального программно-аппаратного комплекса совместно со штатным бортовым оборудованием;
- устойчивость работы экспериментального программно-аппаратного комплекса в различных условиях полета.

Реализация возможности заблаговременной активации аварийного радиомаяка обеспечит своевременность организации и проведения спасательной операции.

Библиографический список

1. А.А. Лобов, И.И. Петрова, М.Ю. Малахов, С.Н. Замуруев, «Направления совершенствования системы Коспас-Сарсат».
2. <http://www.cospas-sarsat.org>.
3. <http://www.mak.ru>.
4. <http://www.marsat.ru>.
5. <http://www.noaa.gov>.

УДК: 621.371.362.2

ВОЗМОЖНОСТЬ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ РАДИОБУЯМИ КОСПАС-САРСАТ

Петрова И.И., аспирант, МГТУ МИРЭА, Россия

Система КОСПАС-САРСАТ – международная спутниковая система поиска и спасания [1].

В 2000 году США, ЕС и Россия приступили к обсуждению возможности установки оборудования поиска и спасания (ПС) на свои среднеорбитальные спутниковые навигационные системы (СНС), такие как GPS, Galileo и Glonass, соответственно. Тем самым, данные страны инициировали создание среднеорбитальной спутниковой системы ПС (СССПС), куда войдут Система спутникового оповещения о терпящих бедствие (DASS, США), SAR/Galileo (ЕС), SAR/Glonass (Россия).

Ввод СССПС в структуру системы КОСПАС-САРСАТ обусловлен неоспоримыми преимуществами, к которым приведет данное нововведение. Исследования показали, что к минимальным преимуществам от ввода СССПС в структуру КОСПАС-САРСАТ относятся:

- практически постоянное всемирное покрытие с точным определением координат объекта (дело в том, что низкоорбитальная и высокоорбитальная системы не могут по отдельности обеспечить оба этих условия, что приводит к необходимости их постоянного совместного функционирования);
- устойчивость восходящего канала передачи сигнала от радиомаяка к спутнику;
- высокий уровень избыточности и доступности спутников;
- возможность внедрения дополнительных сервисов ПС, как например сервиса обратной связи.

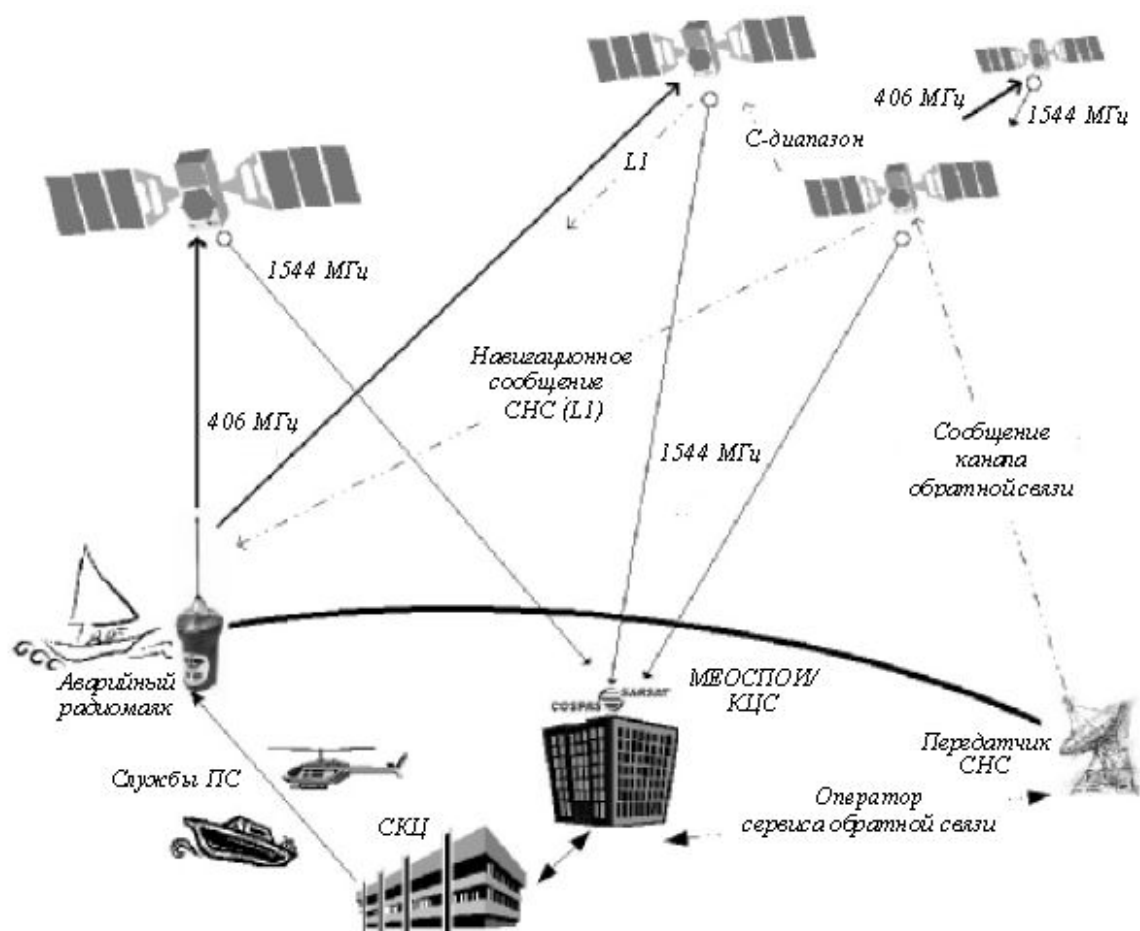


Рис. 1 Примерная структура СССПС

Система СССПС будет полностью совместима с текущим составляющими системы КОСПАС-САРСАТ, что означает, что она будет способна принимать и обрабатывать сигналы 406 МГц, поступающие от радиомаяков КОСПАС-САРСАТ, а также декодировать информацию, содержащуюся в аварийных сообщениях, в том числе и координаты.

СНС помимо прочего будут обеспечивать сервис обратной связи (СОС), который реализован в виде программы взаимодействия системы Коспас-Сарсат с СНС и будет обслуживаться оператором сервиса обратной связи. Для передачи сообщения по каналу обратной связи используется сигнал диапазона L1, тем самым данное сообщение будет представлять собой навигационное сообщение, содержащее идентификационные данные радиомаяка и другую служебную информацию. К дополнительной информации, передаваемой средствами обратной связи, могут относиться:

- подтверждение приема аварийного сообщения системой КОСПАС-САРСАТ;
- необходимость выключения радиомаяка КОСПАС-САРСАТ;
- необходимость активации/деактивации радиомаяка КОСПАС-САРСАТ;
- необходимость включения/выключения приводного устройства;

- необходимость включения/отключения симплексной связи, а также других устройств, входящих в состав радиомаяка, и т.д.

Список доступных для управления устройств можно получить исходя из аварийного сообщения, излучаемого радиомаяком КОСПАС-САРСАТ.

Обратная связь (L1)

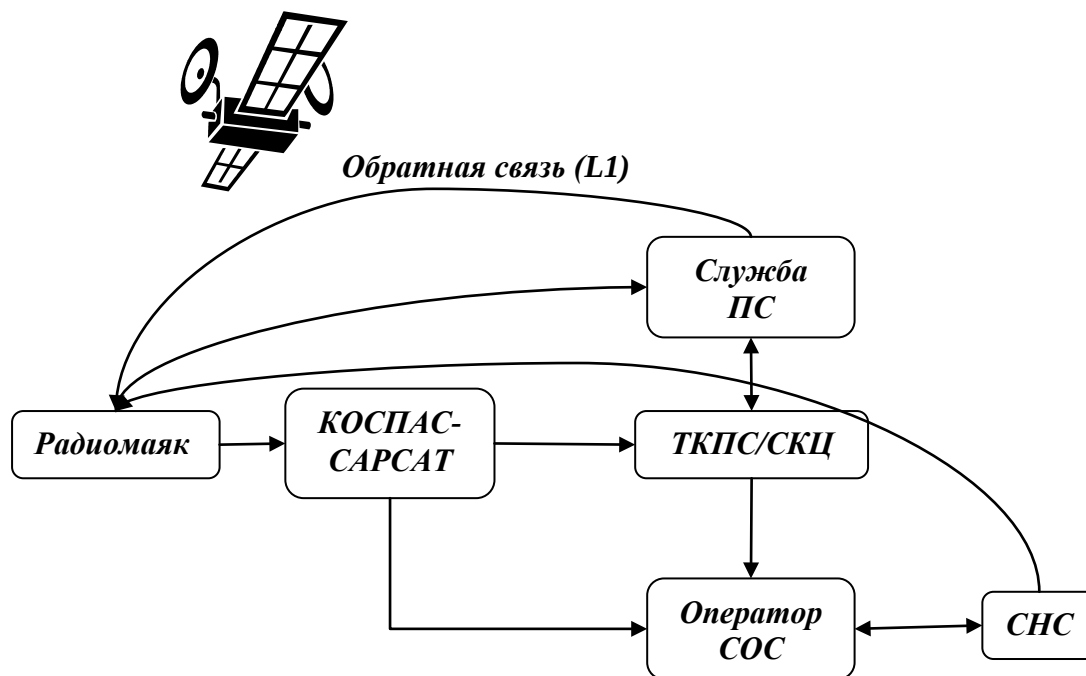


Рис. 2 Краткая схема работы сервиса обратной связи

Радиомаяк в системе КОСПАС-САРСАТ является объектом, состояние которого изменяется во времени и зависит от множества внешних факторов, таких как погодные условия, человеческий фактор, видимость спутников, удаленность нахождения от поисково-спасательных средств и т.д. Все это говорит в пользу необходимости внедрения возможности удаленного управления радиомаяком. Если рассматривать систему КОСПАС-САРСАТ в качестве системы управления, то радиомаяк может рассматриваться в качестве объекта управления, все описанные выше факторы в качестве внешних воздействий на объект управления, а сервис обратной связи в виде собственно обратной связи.

Существует также возможность установления канала обратной связи непосредственно службами ПС. Этот вариант взаимодействия удобен в случае, когда поисково-спасательные средства уже были направлены в район бедствия и нет острой необходимости в передаче аварийных сообщений посредством системы КОСПАС-САРСАТ. В данном случае канал обратной связи будет установлен без участия СНС. Сообщение, передаваемое по каналу обратной связи, может быть идентичным тому, что передается средствами СНС. При этом система КОСПАС-САРСАТ может рассматриваться в качестве двухконтурной системы управления (рис. 2).

Возможность удаленного управления радиомаяком может оказаться незаменимой при проведении спасательных операций, а также для их ини-

циации/завершения. Так, например, можно удаленно активировать радиомаяки в случае непредвиденного исчезновения морских и авиационных судов, или деактивировать радиомаяк в случае окончания поисково-спасательной операции, но при отсутствии физической возможности его отключения (нет возможности получить физический доступ к радиомаяку). Можно также уменьшить частоту передачи сообщений радиомаяком после того, как поисково-спасательные службы получили аварийное сообщение радиомаяка и установили точное местоположение терпящего бедствие объекта с целью сохранения заряда батареи радиомаяка или снижения нагрузки на спутниковую систему. При необходимости уточнения местоположения радиомаяка можно послать запрос на увеличение частоты передачи сообщений радиомаяком. В случае, если службы ПС уже прибыли в район бедствия и существует необходимость уточнения местоположения или установления связи с потерпевшими бедствие (например, для того, чтобы получить информацию о состоянии здоровья потерпевших), службы ПС могут послать запрос на включение приводного устройства или симплексной связи, соответственно. Итак, благодаря внедрению сервиса обратной связи может значительно возрасти функционал радиомаяков КОСПАС-САРСАТ, а также можно значительно снизить влияние многих внешних факторов (таких как, например, человеческих фактор) на проведение операций ПС.

Для реализации удаленного управления радиомаяками необходим системный подход. Так, например, для осуществления всех функций сервиса обратной связи понадобится разработка нового типа радиомаяков, которые смогут принимать и обрабатывать сообщения, поступающие от СССПС, в том числе, в их состав должны входить навигационные приемники ГЛОНАСС/Galileo/GPS. Страны, входящие в состав системы КОСПАС-САРСАТ ведут активную работу по разработке требований, которые будут предъявляться к новым радиомаякам, называемых радиомаяками второго поколения. Так же необходима разработка и исследование оптимальных протоколов передачи данных по каналу обратной связи.

Двухконтурная система управления удаленными объектами (радиомаяками КОСПАС-САРСАТ) является наиболее перспективной моделью управления данными видами объектов, потому что данная система обладает необходимым и достаточным уровнем избыточности, надежности и устойчивости.

Библиографический список

1. А.А. Лобов, И.И. Петрова, М.Ю. Малахов, С.Н. Замуруев, «Направления совершенствования системы Коспас-Сарсат».
2. <http://cospas-sarsat.ru>.

3. R. Langley, «Innovation: The Distress Alerting Satellite System», GPS World magazine, 2011. Режим доступа: <http://www.gpsworld.com/innovation-the-distress-alerting-satellite-system-10883/>, - свободный.
УДК: 621.396.96

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ОБЪЕКТОВ В БАРЬЕРНОЙ РЛС ПУТЕМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДУЛЯЦИИ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ЛУЧА

*Королев А.Н., к.т.н. проф., Котов А.Ф., д.т.н. проф.,
Попонов П.В., асп.*

После того, как цель была обнаружена при пересечении ей барьера, возникает необходимость точного определения ее угловых координат. При измерении координат амплитудным или фазовым методом точность оценки ограничена апертурой используемой антенной системы. Для повышения точности, в работе предлагается метод пространственной модуляции диаграммы направленности. Его сущность заключается в следующем.

Пусть принятый сигнал U_T в некотором стробе дальности соответствует тестовой диаграмме направленности, описываемой выражением $ДН_T(\varphi)$, где φ – аргумент диаграммы направленности (угол), соответствующего «широкого» сечения барьерного луча. Если при излучении зондирующего сигнала с «измерительной» формой диаграммы направленности, имеющей вид $ДН_И(\varphi)$ принят сигнал $U_И$, расположенный в том же стробе дальности и полученный в следующем импульсе так, что с большой уверенностью можно утверждать, что ракурс цели по отношению к РЛС не изменился, то отношение диаграмм направленности в направлении на цель $\varphi_ц$, соответствует отношению принятых амплитуд в выделенном стробе дальности, т.е.

$$ДН_И(\varphi_ц) / ДН_T(\varphi_ц) = (U_И / U_T)^2 = \frac{P_И}{P_T}, \quad (1)$$

где $P_И = U_И^2$ и $P_T = U_T^2$ – мгновенные мощности измерительного и тестового сигналов соответственно.

Этот способ позволяет учесть информацию об энергетике цели, полученной при зондировании тестовой диаграммой направленности. Запишем модель наблюдения в следующем виде при отсутствии шумов измерения

$$P_И = R(\varphi)P_T, \quad (2)$$

где $R(\varphi) = ДН_И(\varphi) / ДН_T(\varphi)$ – измерительная функция (3)

При отсутствии шумов, угловые координаты цели ($\varphi_ц$) определяются из соотношения:

$$\varphi_ц = R^{-1}\left(\frac{P_И}{P_T}\right). \quad (4)$$

Требования к выбору функций $ДН_{II}(\varphi)$ и $ДН_T(\varphi)$ определяются однозначностью и монотонностью обратной функции $R^{-1}(x)$.

На первом этапе в качестве $ДН_T$ можно применить диаграмму направленности, используемую для формирования барьерной зоны. Обычно ее уровень примерно постоянен в интересующем диапазоне углов.

Следовательно, если $ДН_T(\varphi) = const$, т.е. функция с плоской вершиной в пределах рабочей ширины диаграммы направленности барьерного луча, то $ДН_{II}(\varphi)$ – любая монотонная функция. В этом смысле, монотонность функции не препятствует созданию особых интервалов углов (зон) ДН с повышенной чувствительностью к пеленгу цели – в этих зонах крутизна $ДН(\varphi)$ (производная этой функции по φ) должна быть выше, чем в других (не особых) зонах.

На следующем этапе в качестве $ДН_T$ можно использовать $ДН_{II}$, применявшуюся на предыдущем этапе, и определить угловые координаты цели с еще большей точностью. Точность измерения определяется крутизной измерительной функции $R(\varphi)$ и ее производной по φ .

Для различных видов функции $ДН_{II}(\varphi)$ и $ДН_T(\varphi)$ можно проанализировать их чувствительность к ошибкам воспроизведения формы ДН и определить потенциальную точность данного метода измерения угловых координат.

Для определения потенциальной точности запишем модель наблюдения с учетом наличия шума

$$P_{II} = R(\varphi)P_T + n, \quad (5)$$

где n – шум, влияющий на процесс получения U_{II} , который, в рамках данной работы, считается гауссовским случайным процессом с нулевым средним и ковариационной матрицей $\Sigma = \sigma^2 I$, где I – единичная матрица, σ^2 – дисперсия шума.

Стоит отметить, что $R(\varphi)$ не зависит от P_T , стало быть, модель наблюдения является линейной по P_T . Известно [1], что для получения оценки угловой координаты $\hat{\varphi}$ требуется минимизировать следующую статистику:

$$\frac{(P_{II} - R(\varphi)P_T)^2}{\sigma^2}. \quad (6)$$

Минимизация статистики (6) – это решение (5) методом наименьших квадратов.

Процедура этого решения широко исследована [1], известны характеристики дисперсии и математического ожидания получаемой в результате оценки. Оценка является несмещенной $M(\hat{\varphi}) = \varphi$, а дисперсия обратно пропорциональна квадрату первой производной $R(\varphi)$ и обратно пропорциональна отношению сигнал-шум.

Таким образом, при невозможности влиять на отношение сигнал-шум следует принять такие измерительные функции $R(\varphi)$, которые удовлетворяли бы требованиям по точности в интересующем диапазоне углов.

В рамках работы было проведено математическое моделирование, целью которого являлись подтверждения работоспособности описанного подхода и экспериментального определения характеристик точности в зависимости от вида измерительной функции и отношения сигнал-шум.

Оценка влияния измерительной функции на точность измерения.

В ходе моделирования в качестве $R(\varphi)$ используется участок функции $\text{sinc}(x)$ от максимума до первого нуля. Форма $R(\varphi)$ показана на Рис.1.

Отношение сигнал-шум в рамках моделирования оставалось неизменным. Оценивалась точность измерений при разных истинных углах φ . Затем изменялась крутизна $R(\varphi)$ путем возведения ее в степень большую или меньшую единицы, но больше нуля, а также использовалась кусочно-линейная аппроксимация $R(\varphi)$ (рис.2). Кусочно-линейная аппроксимация производилась с помощью трех отрезков прямых $R_I(\varphi)$, $R_{II}(\varphi)$ и $R_{III}(\varphi)$, описываемых уравнениями:

$$\begin{aligned} R_I(\varphi) &= k_I \varphi + b_I \\ R_{II}(\varphi) &= k_{II} \varphi + b_{II} \\ R_{III}(\varphi) &= k_{III} \varphi + b_{III} \end{aligned} \quad (7)$$

Якобиан этой функции на каждом из трех отрезков равен углу наклона соответствующей прямой k_i :

$$J(\varphi_i) = \left| \frac{dR(\varphi)}{d\varphi} \right|_{\varphi=\varphi_i} = \frac{d(k_i \varphi_i + b_i)}{d\varphi_i} = k_i, \quad i = \overline{I:III}. \quad (8)$$

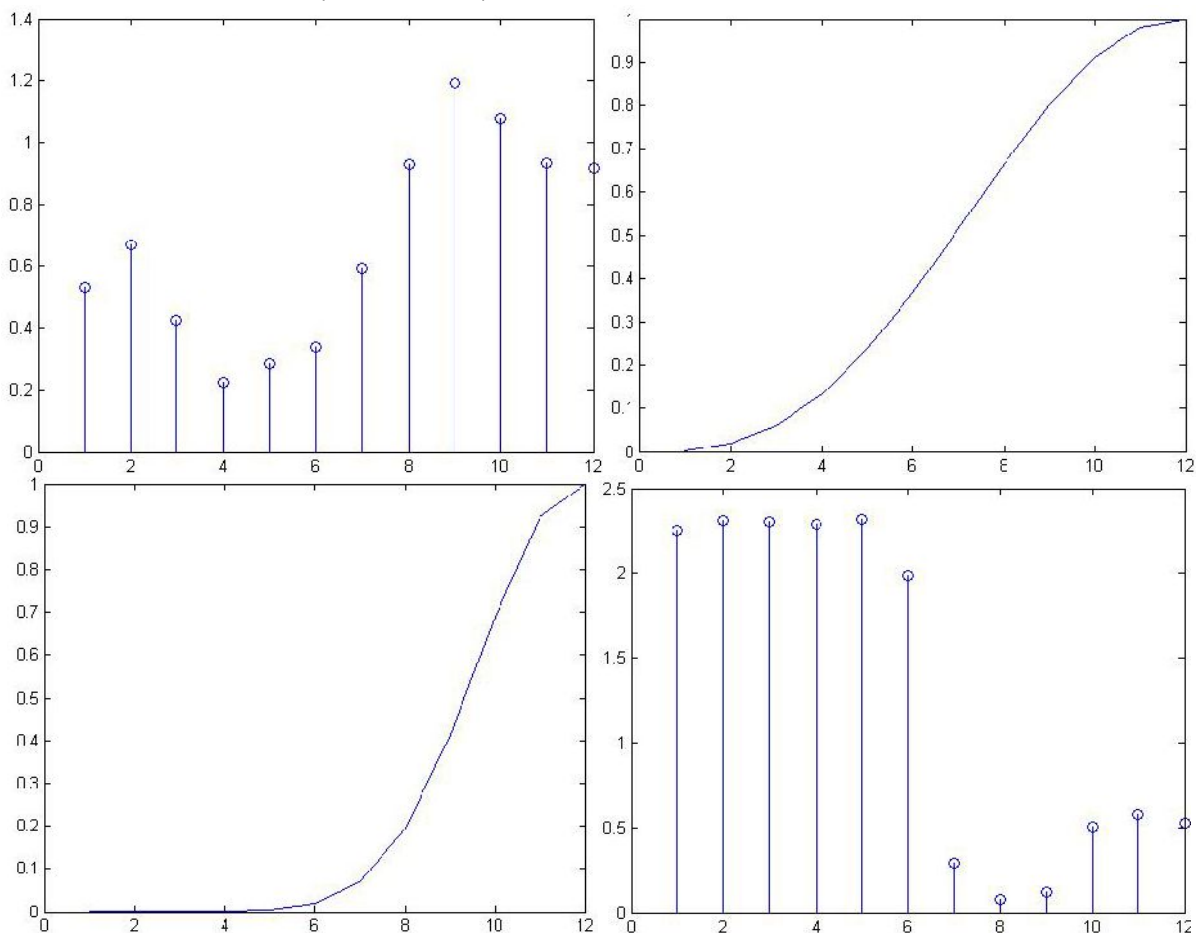


Рис. 1 Измерительная функция с разной крутизной и рассчитанные значения СКО оценки параметра φ .

Графики зависимостей среднеквадратического отклонения оценки от истинных значений углов и крутизны $R(\varphi)$ представлены на Рис. 1 и 2.

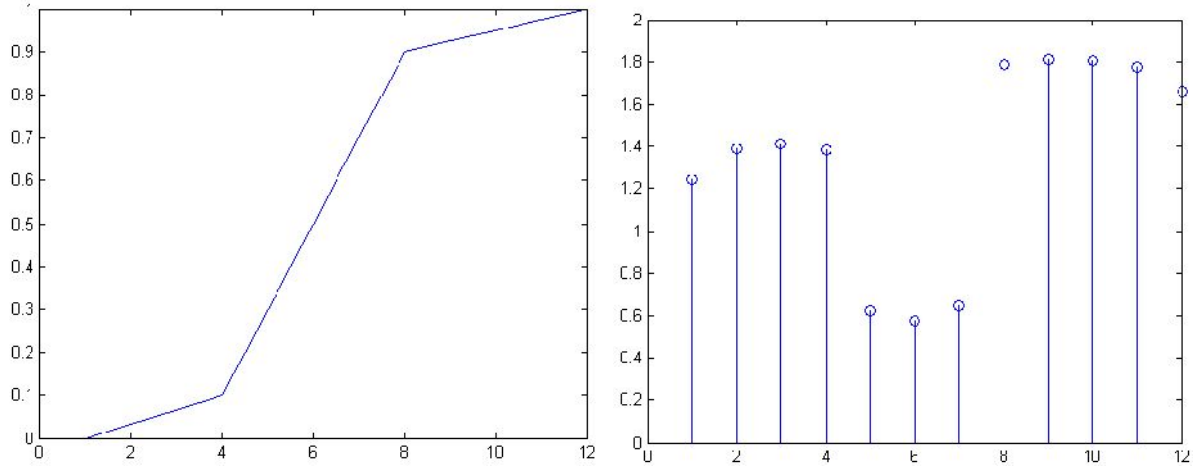


Рис. 1 Кусочно-линейная измерительная функция $R(\varphi)$ и СКО оценки угла φ .

Из Рис. 1 и 2 видно, что среднеквадратическое отклонение оценки обратно пропорционально величине производной $R(\varphi)$, соответствующей истинному значению угла φ , что полностью совпадает с теоретически предсказанными результатами.

В ходе моделирования оценивалось влияние отношения сигнал-шум на точность получаемых истинных значений угла φ . Крутизна $R(\varphi)$ оставалась неизменной. Под отношением сигнал-шум понималась величина $ОСШ_{дБ}$.

$$ОСШ_{дБ} = 10 \log \left(\frac{P_T}{\sigma^2} \right). \quad (9)$$

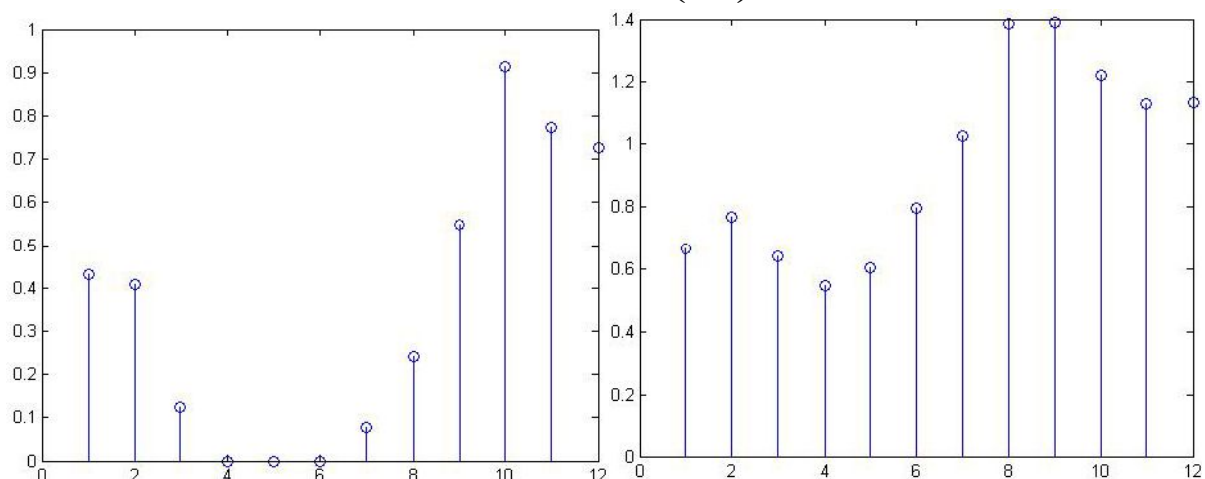


Рис. 3 Изменение СКО оценки параметра φ при увеличении отношения сигнал-шум

На Рис. 3 представлен график зависимости среднеквадратического отклонения от отношения сигнал-шум. Как видно из Рис.3, среднеквадра-

тическое отклонение оценки возрастает при уменьшении отношения сигнал-шум.

Выводы

Представленный способ измерения угловой координаты обладает потенциально высокой точностью измерения, зависящей в первую от характеристик измерительной функции $R(\varphi)$ и ее Якобиана. Задача синтеза $R(\varphi)$ остается открытой и должна производиться с учетом требований по точности в различных диапазонах измеряемых углов.

Библиографический список

1. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1982.– с. 624.

УДК: 621.396.96

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ СВЕРХРАЗРЕШЕНИЯ ЦЕЛЕЙ

*Королев А.Н., к.т.н. профессор
Котов А.Ф., д.т.н., профессор
Фофанов Д.А., аспирант
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Согласно общепринятой трактовке [1] под задачей разрешения сигналов понимают совокупность задач разрешения-обнаружения и разрешения-измерения. Для решения задачи разрешения-обнаружения необходимо по имеющемуся зашумленному результату наблюдения обнаружить все парциальные сигналы, присутствующие в виде смеси и имеющие разный энергетический вклад, то есть оценить количество источников сигналов. Для решения задачи разрешения-измерения необходимо оценить параметры каждого из парциальных сигналов. Под сверхразрешением понимается способность успешно решать задачу разрешения в ситуации, когда разница между параметрами парциальных сигналов меньше рэлеевского интервала разрешения, в качестве которого выступает ширина функции неопределенности (ФН), например, на уровне 0,5.

При проектировании современных РЛС большое внимание уделяется задаче уменьшения рэлеевского интервала разрешения. Для сужения диаграмм направленности применяются антенные системы с большими размерами апертуры. Для обеспечения узкого пика ФН применяются сигналы с большой базой, с частотной и фазовой модуляцией, находится компромиссное решение между шириной ФН и её многопиковой структурой, приво-

дящей к неоднозначности измерений. Меры, предпринимаемые для уменьшения рэлеевского интервала разрешения, являются затратными как с точки зрения построения антенных систем, так и с точки зрения использования мощных вычислителей для оптимальной обработки. В РЛС, поставленных на боевое дежурство, модернизация антенных систем и спецвычислителей цифровой обработки является процедурой, требующей больших временных и финансовых затрат, которая к тому же приводит к необходимости вывода РЛС из режима боевой работы. В некоторых ситуациях модернизация не представляется возможной. Несмотря на модернизацию, характеристики РЛС по-прежнему остаются ограниченными рэлеевским пределом разрешения.

Впрочем, задачу разрешения можно решить даже при нахождении параметров сигналов внутри одного рэлеевского элемента разрешения, применяя так называемые алгоритмы сверхразрешения. Широкий обзор публикаций по данной тематике можно найти в [2].

Одним из самых общих способов получения оценок параметров является метод максимального правдоподобия (ММП) [3]. Он требует минимального количества допущений, относительно модели наблюдения, справедливых в большинстве практических случаев. Максимально правдоподобные оценки могут быть получены, в том числе при нахождении параметров сигналов внутри одного рэлеевского элемента разрешения. Необходимым условием для получения оценок является правильный выбор модели наблюдения. Стандартный тракт согласованной обработки в РЛС подразумевает наличие одного сигнала и не дает максимально правдоподобных оценок при нахождении параметров сигналов внутри одного рэлеевского элемента разрешения. В частности, при попытке оценить задержки сигналов от двух близко расположенных целей на выходе стандартного тракта будет получена одна смещенная оценка задержки.

С учетом необходимости повышения характеристик существующих РЛС путем модернизации, не требующей существенных затрат на изменение тракта цифровой обработки сигналов, разумно использовать информацию с выхода согласованного фильтра (СФ) (точки I и Q на рис. 1).

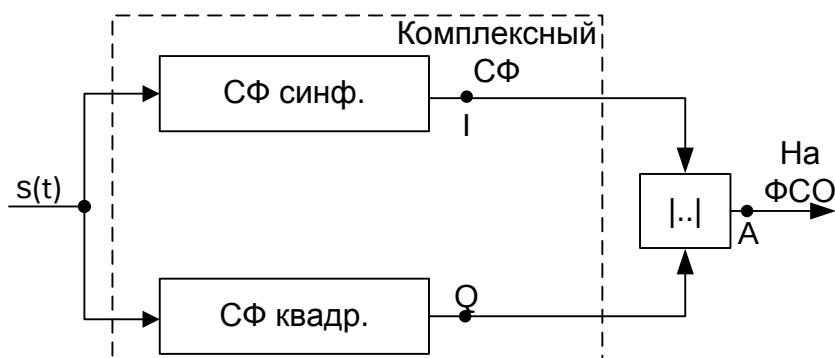


Рис. 1 Стандартный тракт согласованной фильтрации.

Запишем модель наблюдения на выходе СФ в виде

$$Z = A(\theta)s + n, \quad (1)$$

где матрица $A(\theta)$ составляется из векторов-столбцов $a(\theta_i)$ рассчитанных либо калиброванных откликов комплексного СФ на сигналы с параметрами θ_i , s – весовой вектор, описывающий амплитуды и начальные фазы сигналов, n – вектор аддитивного шума с ковариационной матрицей Σ .

Максимально правдоподобная оценка параметров получается путем вычисления следующих выражений

$$\hat{\theta} = \arg \min_{\theta} [Z - A(\theta)\hat{s}]^H \Sigma^{-1} [Z - A(\theta)\hat{s}], \quad (2)$$

$$\hat{s} = w^H(\theta)Z, \quad (3)$$

$$w(\theta) = \Sigma^{-1}A^H(\theta)[A^H(\theta)\Sigma^{-1}A(\theta)]^{-1}. \quad (4)$$

Процедура оценивания может быть существенно упрощена, если допустить предположение о некоррелированности отсчетов шума.

Следует отметить, что класс задач, эксплуатирующих модель (1), хорошо изучен. В том числе исследована проблема плохой обусловленности [4].

Для определения порядка модели наблюдения могут быть применены различные математические методы, в том числе основанные на вычислении различных статистик (критерий Акаике[5], критерий минимальной длины описания[6]), анализе собственных чисел матрицы $A(\theta)$ [7]. Трудоемким, хотя и возможным, является способ вычисления минимумов (4) при различных гипотезах о порядке модели, с последующим выбором глобального минимума.

Для отыскания минимума (4) можно воспользоваться значительным количеством известных математических методов.

Основным техническим ограничением, приводящим к невозможности эксплуатации модели наблюдения (1), является особенность построения большинства спецвычислителей. Информация в точках I и Q недоступна для использования без модернизации спецвычислителя, так как на устройство формирования сигнальных отметок (ФСО) передается лишь амплитудная информация (точка A на рисунке 1). Получить же доступ к комплексным отсчетам не представляется возможным. Запишем модель наблюдения в точке тракта между СФ и устройством ФСО:

$$Z = |A(\theta)s + n|, \quad (5)$$

где действие нелинейного оператора $|..|$ на вектор приводит к получению вектора, элементы которого равны модулям элементов исходного вектора. При высоком отношении сигнал/шум (ОСШ) модель (5) может быть аппроксимирована [8] в виде

$$Z = |A(\theta)s| + n, \quad (6)$$

причем плотность распределения вероятностей (ПРВ) шума n можно считать нормальным.

При нелинейной операции взятия модуля теряется информация о фазах комплексных отсчетов.

Минимизации подлежит следующая статистика

$$\left[Z - |A(\theta)\hat{s}| \right]^H \Sigma^{-1} \left[Z - |A(\theta)\hat{s}| \right], \quad (7)$$

Оценка, полученная путем решения нелинейной задачи минимизации (7) является максимально правдоподобной, однако её дисперсия неминуемо окажется больше, чем у оценки (4), так как в модели (6) отсутствует фазовая информация.

Несмотря на большую дисперсию, такая оценка обладает неоспоримым преимуществом. Для её получения можно использовать устройство, подключаемое в тракт обработки между существующими спецвычислителями СФ и ФСО. Это устройство может работать не в реальном масштабе времени и использоваться только в случае возникновения необходимости в свехразрешении, не уменьшая тем самым пропускную способность РЛС.

Обработка со сверхразрешением может быть реализована аппаратно с применением существующих цифровых сигнальных процессоров, в том числе отечественного производства, графических процессоров, ПЛИС, а также программным способом на ЭВМ, предназначенной для ФСО и вторичной обработки радиолокационной информации.

Для оценки результатов измерений, получаемых с использованием ММП и модели (6), был проведен ряд численных экспериментов, подтвердивших правомочность предлагаемого подхода и позволивших оценить точность получаемых измерений.

В моделировании 1, результаты которого иллюстрируются рис. 2, оценивались задержка между двумя сигналами и доплеровская частота, одинаковая для обоих сигналов.

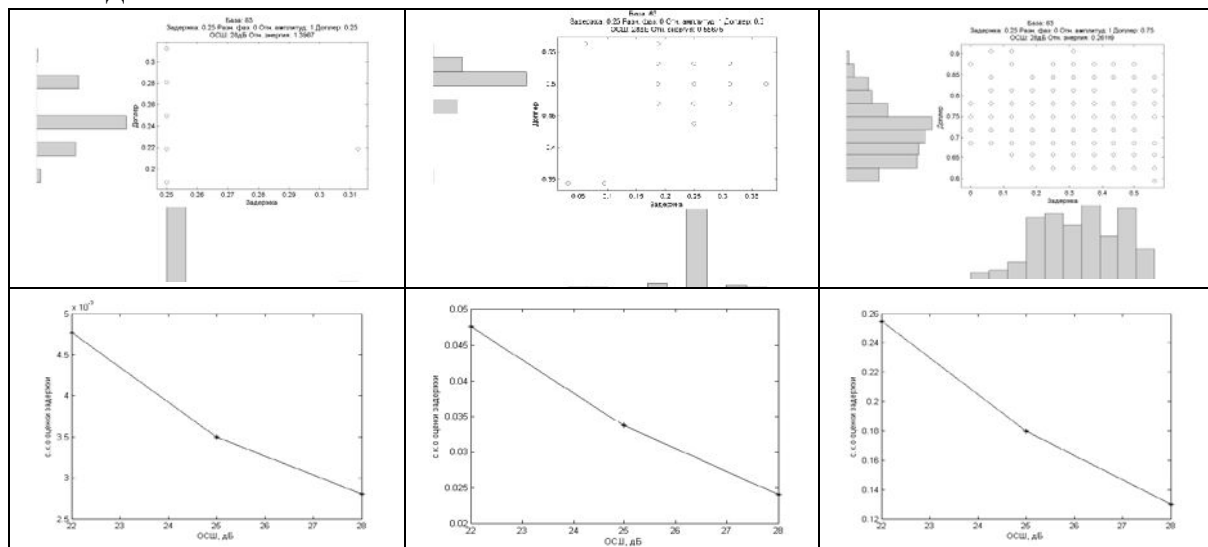


Рис. 2 Гистограммы совместного распределения оценок задержки и доплеровского сдвига (вверху) при различных величинах доплеровского сдвига и зависимость с.к.о. оценки задержки от ОСШ (внизу). Доплеровский сдвиг изменяется от 0,25 до 0,75 слева направо.

Все величины нормированы к ширине ФН по соответствующей координате.

В моделировании 2, результаты которого иллюстрируются рис. 3, оценивались задержка между двумя сигналами и отношение их амплитуд.

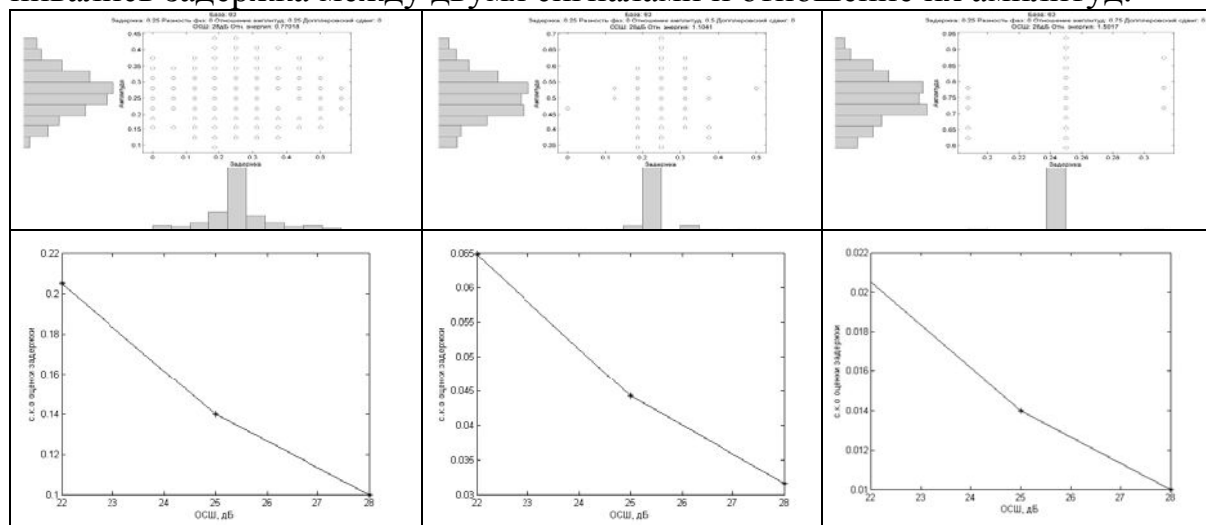


Рис. 3 Гистограммы совместного распределения оценок задержки и отношения амплитуд (вверху) при различных отношениях амплитуд и зависимость с.к.о. оценки задержки от ОСШ (внизу).

Отношение амплитуд изменяется от 0,25 до 0,75 слева направо.

С.к.о. оценок оказалось на 20-25% больше, чем при использовании полноценной информации об амплитудах и фазах комплексных отсчетов на выходе СФ, однако при ОСШ, характерном для выхода СФ (22-28 дБ), все же существенно меньше интервала рэлеевского разрешения.

Как следует из (7), для вычисления статистики, подлежащей минимизации, требуется иметь базу данных векторов $a(\theta_i)$, составляющих матрицу $A(\theta)$. Она может быть получена либо путем калибровки системы, либо аналитическими методами расчета. При необходимости снижения вычислительной сложности процедуры сверхразрешения вектора $a(\theta_i)$ могут быть аппроксимированы полиномами или тригонометрическими функциями [9].

Помимо сверхразрешения сигналов по задержке и доплеровской частоте сверхразрешение с использованием ММП может быть применено в задачах пеленгации целей и постановщиков помех, а также для оценки спектров гармоник в шуме (вместо БПФ) при обработке ЛЧМ сигналов с предварительным гетеродинированием.

Библиографический список

1. Ширман Я.Д. Разрешение и сжатие сигналов. – М.: Сов. радио, 1974.
2. Чижев А.А. Сверхрэлеевское разрешение. Т.1: Классический взгляд на проблему. М.: Красанд, 2010. – с. 96.
3. Трифонов А.П., Шинаков Ю.С. Совместное различение сигналов и оценка их параметров на фоне помех. – М.: Радио и связь, 1986.

4. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979.
5. Akaike H. Power spectrum estimation trough autoregression model fitting. Ann. Inst. Stat. Math., 1969. V. 21. – PP. 407-419.
6. Rissanen J. A universal prior for the integers and estimation by minimum description length. Ann. Stat., 1983. V. 11. – PP. 417-431.
7. Родюшкин К.В. Анализ статистических свойств максимального шумового собственного числа выборочной корреляционной матрицы антенной решетки при наличии сигнала. Изв. вузов. Радиофизика, 2001, №1-2.
8. Карташев В. Г., Шалимова Е. В. Основы теории случайных процессов: учебное пособие для вузов. – Москва: Издательство МЭИ, 2005.
9. Фофанов Д.А. Определение информативных параметров сигнала путем анализа формы отклика. Успехи современной радиоэлектроники. 2012, №2. – М.: Радиотехника. – с.13–16.

УДК: 621.396.969.18

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ КОРРЕЛЯТОР

Карих А.А., нач. отдела, аспирант, ОАО "Лантан", Москва, Россия

Распространенному одноканальному временному коррелятору присущи некоторые недостатки: невозможность обработки узкополосных сигналов, сложность в селекции сигналов наложенных во времени. В данной статье рассмотрен многоканальный коррелятор, который свободен от вышеприведенных недостатков и представляет собой обнаружитель и анализатор сигнала с набором корреляционных каналов, каждый из которых реализует вычисления корреляционной функции с последующим преобразованием ее в спектр мощности. Это позволяет производить многоканальную обработку во всем заданном диапазоне частот и измерять параметры сигналов, наложенных во времени, но отличающихся по частоте, с учетом взаимных помех из-за наложения спектров при малом отношении сигнал/шум, а также обрабатывать “антикорреляционные” и узкополосные сигналы. Предельное отношение сигнал/шум зависит от разрешения по частоте и времени накопления и может изменяться в зависимости от требуемой точности и параметров сигнала. Коррелятор предназначен для применения в мало базовых системах (длина базы сотни метров) пассивных РЛС, где разность хода между приемными антеннами небольшая и частота Доплера незначительна. Схема коррелятора представлена на рис.1.

Корреляционная функция определяется по принимаемым сигналам от двух антенн с фиксированным временем накопления $T = \delta t \times N_d$:

$$R(\tau) = \frac{1}{N_d} \sum_{n=0}^{N_d-1} u(n)v(n-\tau);$$

где: δt - дискрет по времени, N_d - количество дискретов, n - временной индекс, τ - задержка дискретов.

Обработка в корреляторе проводится в следующей последовательности:

- 1) вычисляются квадратуры входных сигналов;
- 2) для экономии вычислительных ресурсов используется набор знаковых корреляторов и процедура децимации сигнала;
- 3) вычисляются корреляционные функции для N отсчетов по задержке, формируется действительная и мнимая составляющая;
- 4) вычисляется спектр мощности корреляционной функции согласно теореме Винера- Хинчина [2]:

$$S(m) = \frac{1}{N_d} \sum_{n=0}^{N_d-1} R(\tau) e^{-j2\pi m n / N_d};$$

где: m - частотный индекс.

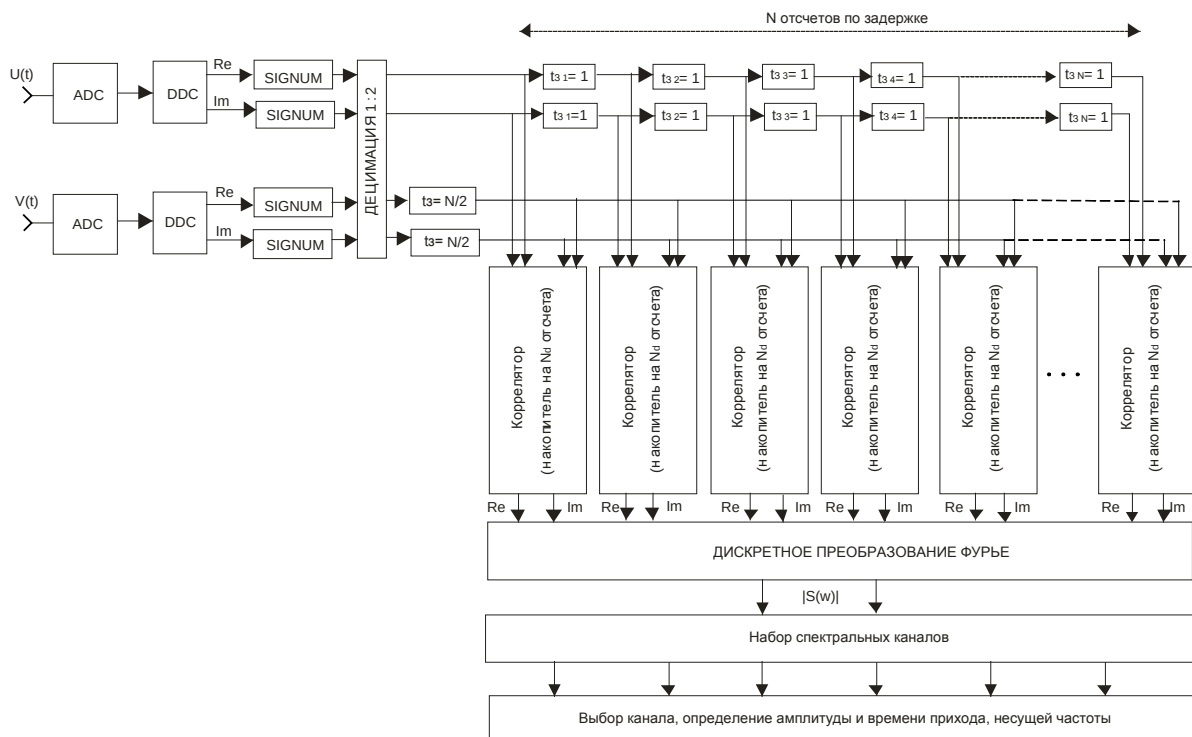


Рис. 1 Функциональная схема коррелятора

Для вычисления спектра мощности можно использовать конвейерное БПФ по выборке сигнала с помощью стандартной процедуры, заложенной в ПО на элементную базу (DSP, FPGA). Каждый отсчет сигнала в этом случае следует через интервал, равный времени накопления корреляционной функции. Этот вариант наиболее экономичный. Второй вариант – использование скользящего БПФ или применение алгоритма Герцеля [1]. В этом случае спектр корректируется при поступлении каждого нового отсче-

та сигнала. В этом случае упрощается определение временных характеристик;

5) анализируется спектр выборки из M отсчетов и происходит фильтрация по спектральным каналам;

6) определяется канал, в котором обнаруживается сигнал. Каждый обнаруженный сигнал отфильтровывается и обрабатывается отдельно. Количество каналов m определяется шириной полосы пропускания - $2\Delta f$: $m=F/2\Delta f$, где: F - полная полоса анализа сигнала. Полоса пропускания определяется $2\Delta f=f_{\max}-f_{\min}$, АЧХ канала имеет вид $\sin(x)/x$. При точном совпадении спектра мощности сигнала с полосой фильтра на выходе канала возникает максимум и однозначное определение спектра и параметров. Максимальная абсолютная величина расстройки равна половине ширины полосы пропускания канала. При протяженном спектре возникает неоднозначность, происходит перекрытия каналов, появляются ошибки при измерении амплитуды сигнала и частоты. Таким образом, при выборе количества и полосы пропускания каналов необходимо иметь априорные сведения об обрабатываемых сигналах и их спектрах;

7) для обнаружения сигнала выставляется порог: постоянный или адаптивный;

8) определяется время прихода, длительность и амплитуда спектра мощности.

Тестирование и техническая реализация

Модель коррелятора была реализована в MathCade, а практически на FPGA Xilinx типа xc4vsx55 с параметрами: входной сигнал- радиоимпульс; время накопления- 100 отсчетов; число дискретов по частоте равно- 64; тактовая частота – 100 МГц; полоса частот – 40 МГц.

Результаты моделирования показаны на рис. 2...5.

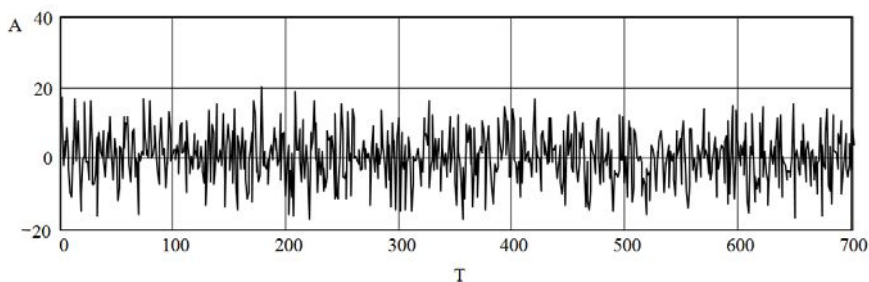


Рис. 2 Аналоговый сигнал на входе АЦП: отношение сигнал/шум -4 дБ

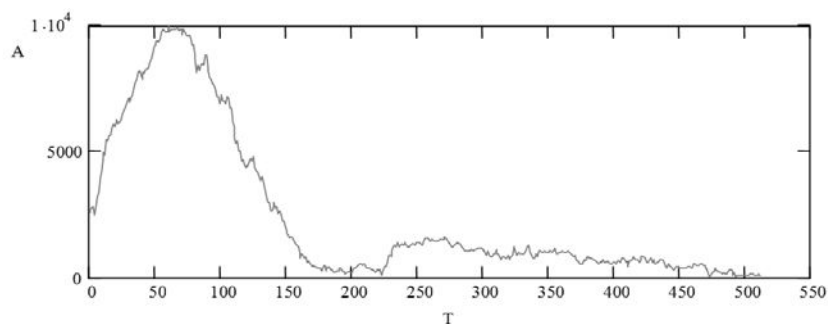


Рис.3 Сигнал на выходе коррелятора: накопление – 100 отсчетов, по частоте – 64 отсчета

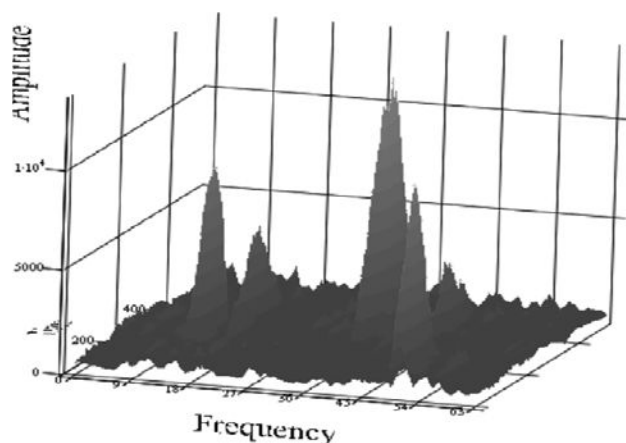


Рис.4. Трехмерное изображение спектра мощности сигнала

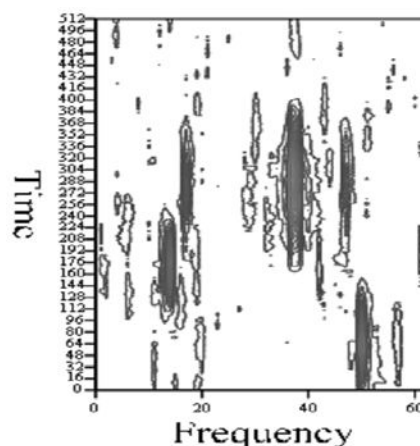


Рис.5 Плоскость частота-время спектра мощности сигнала

Недостатки многоканального коррелятора:

1. необходимость создания параллельных корреляционных каналов, количество которых равно диапазону задержек сигналов (N);
2. сложность аппаратной реализации и обработки в реальном масштабе времени;
3. невозможность обработки широкополосных сигналов (“белый шум”, шумоподобных сигналов).

Библиографический список

1. Лайнос Р. Цифровая обработка сигналов. М.: БИНОМ, 2011.
2. Ланге Ф. Корреляционная электроника. Л.: ГСИСП, 1963.

УДК: 621.396.96

АДАПТИВНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ АПРИОРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

Петров С.В., инженер 1 категории, ОАО «ВНИИРТ», Москва, Россия

Рассмотрим задачу обнаружения стохастических сигналов от внешних источников на фоне собственных шумов решётки приёмных элементов, которая актуальна не только в радиолокации, но и в других областях науки и техники – в радиоастрономии, связи, гидролокации, сейсмологии. Особую практическую важность имеет решение этой задачи в условиях, когда некоторые параметры, например мощность шума и направление прихода сигнала, заранее неизвестны.

Пусть антенная решётка из N элементов принимает узкополосный шумовой сигнал от одного внешнего источника на фоне собственных шумов элементов антенны. Сигнал и шум считаем стационарными гауссовскими случайными процессами с нулевыми средними и дисперсиями в элементе решётки σ_s^2 и σ_z^2 , одинаковыми для всех элементов. Шумы в различных элементах решётки не коррелированы между собой. Частота дискретизации сигналов соответствует теореме Котельникова, так что последовательные выборки смеси сигнала и шума также не коррелированы между собой. В течение времени наблюдения на выходе АЦП элементов решётки формируется обучающий пакет из K временных выборок $\mathbf{X} = (\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_K)$, где $\mathbf{X}_k$ ($k=1, \dots, K$) – векторы размера $N \times 1$.

Сигнал (комплексная огибающая) с элементов антенны в момент дискретного времени k может быть представлен в виде:

$$\mathbf{X}_k = \mathbf{V}_s \cdot s_k + \mathbf{Z}_k, \quad (1)$$

где s_k – комплексная огибающая сигнала; $\mathbf{V}_s$ – вектор размера $N \times 1$ амплитудно-фазового распределения поля в раскрыве, определяемый геометрией антенной решётки и направлением на источник сигнала; $\mathbf{Z}_k$ – вектор размера $N \times 1$ шумов элементов антенны.

Корреляционная матрица данных наблюдения при условии независимости сигнала и шума будет равна:

$$\mathbf{R} = M(\mathbf{X}\mathbf{X}^H) = \sigma_s^2 \mathbf{V}_s \mathbf{V}_s^H + \sigma_0^2 \mathbf{I}, \quad (2)$$

где $M(\bullet)$ – математическое ожидание, $(\bullet)^H$ – символ эрмитовой сопряжённости (транспонирования и комплексного сопряжения), $\mathbf{I}$ – единичная матрица размера $N \times N$. Максимально правдоподобная выборочная оценка корреляционной матрицы равна:

$$\hat{\mathbf{R}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \mathbf{X}_k \mathbf{X}_k^H. \quad (3)$$

Решение задачи обнаружения состоит в конструировании решающего правила, позволяющего по данным наблюдения $\mathbf{X}$ сделать выбор между двумя гипотезами: H_0 – сигнал отсутствует, отношение сигнал-шум в элементе $q = 0$ и H_1 – сигнал присутствует, отношение сигнал-шум $q > 0$.

Оптимальный алгоритм решения задачи обнаружения внешнего источника для случая, когда мощность шума σ_z^2 является известной величиной, исследован в работе [1]. В ней для случая известного сигнального вектора $\mathbf{V}_s$ получена достаточная статистика:

$$P = \mathbf{V}_s^H \hat{\mathbf{R}} \mathbf{V}_s \underset{<}{>} \sigma_z^2 C(\alpha), \quad (4)$$

которую требуется сравнивать с порогом, зависящим от вероятности ложной тревоги α и пропорциональным мощности шума σ_z^2 . Для случая, когда сигнальный вектор неизвестен, в той же работе из статистики (4) была получена достаточная статистика:

$$S = \lambda_1 \underset{<}{>} \sigma_z^2 C(\alpha), \quad (5)$$

где λ_1 – максимальное собственное значение выборочной корреляционной матрицы $\hat{\mathbf{R}}$.

Однако, в случае, когда мощность шума неизвестна, эти алгоритмы становятся не применимыми. Для преодоления априорной неопределённости, связанной с неизвестностью мощности шума, мощности сигнала и направления на источник сигнала, можно воспользоваться обобщённым критерием отношения правдоподобия [2]:

$$L^*(\mathbf{X}) = \frac{\max_{\sigma_z^2, \sigma_s^2, \mathbf{V}_s} p_1(\mathbf{X})}{\max_{\sigma_z^2} p_0(\mathbf{X})}, \quad (6)$$

заменяв неизвестные параметры в функциях правдоподобия для гипотез H_1 и H_0 их максимально правдоподобными оценками.

Максимизируя функцию правдоподобия $p_0(\mathbf{X})$ по σ_z^2 , найдём максимально правдоподобную оценку мощности шума для гипотезы H_0 :

$$\hat{\sigma}_z^2 = \frac{1}{N} \text{Tr}(\hat{\mathbf{R}}), \quad (7)$$

где $\text{Tr}(\hat{\mathbf{R}})$ – след выборочной корреляционной матрицы $\hat{\mathbf{R}}$.

Для гипотезы H_1 максимально правдоподобная оценка мощности шума равна:

$$\hat{\sigma}_z^2 = \frac{\text{Tr}(\hat{\mathbf{R}}) - \lambda_1}{N - 1}, \quad (8)$$

оценка отношения сигнал-шум в элементе антенны q :

$$\hat{q} = \frac{\lambda_1 N - \text{Tr}(\hat{\mathbf{R}})}{N(\text{Tr}(\hat{\mathbf{R}}) - \lambda_1)}, \quad (9)$$

оценка сигнального вектора $\mathbf{V}_s$:

$$\hat{\mathbf{V}}_s = \sqrt{N} \mathbf{U}_1, \quad (10)$$

где $\mathbf{U}_1$ – собственный вектор выборочной корреляционной матрицы $\hat{\mathbf{R}}$, соответствующий максимальному собственному значению λ_1 .

Подставив выражения (7), (8), (9) и (10) в выражение (6) и учитывая, что монотонные функции от достаточной статистики отношения правдоподобия тоже являются достаточными статистиками, получим выражение для достаточной статистики в условиях параметрической неопределённости:

$$Q = \frac{(N-1)\lambda_1}{\text{Tr}(\hat{\mathbf{R}}) - \lambda_1} > C(\alpha). \quad (11)$$

Очевидно, что эта статистика аналогична статистике (5), в которой мощность шума σ_z^2 заменена на её максимально правдоподобную оценку (8).

В качестве примера рассмотрим линейную эквидистантную антенную решётку с числом элементов $N=100$ и расстоянием между элементами $d = \lambda/2$. Число временных выборок K возьмём равным 300. На рис.1 приведена рассчитанная методом математического моделирования характеристика обнаружения для статистики (11) в сравнении с характеристиками обнаружения для статистики (4), статистики (5), и энергетического обнаружителя:

$$T = \text{Tr}(\hat{\mathbf{R}}) \underset{<}{>} \sigma_z^2 C(\alpha), \quad (12)$$

при известной мощности шума и вероятности ложной тревоги α равной 0,01.

Обнаружитель (4) обеспечивает максимально достижимое качество обнаружения, требуя максимум априорной информации. Качество обнаружения алгоритмов (5) и (11) при ограниченном числе выборок меньше, чем у обнаружителя (4), стремясь к нему асимптотически при $K \rightarrow \infty$. Алгоритм (11) незначительно уступает алгоритму (5) за счёт необходимости оценивать мощность шума. Энергетический обнаружитель (12) уступает остальным, т.к. не использует информацию о структуре антенной решётки.

В практических ситуациях точные знания о мощности шума, как правило, отсутствуют. Для учёта этой неопределённости зададим мощность шума в дБ равной $\sigma_z^2 = \sigma_0^2 + b$, где σ_0^2 – средняя мощность шума, а b – равномерно распределённая в диапазоне $[-B, B]$ случайная величина, и рассчитаем характеристики обнаружения рассмотренных алгоритмов при $B=1$ дБ. Результат расчёта для вероятности ложной тревоги $\alpha=0,01$ представлен на рис.2. Как видно в этих условиях качество обнаружения алгоритмов (4), (5) и особенно (12) снизилось. Характеристика обнаружения алгоритма (11) не изменилась, т.к. он обладает свойством адаптации к меняющейся шумовой обстановке.

Таким образом, предложенный алгоритм решает задачу обнаружения стохастического сигнала в условиях неизвестного сигнального вектора и мощности шума. Алгоритм обладает свойством адаптироваться к изменениям уровня шума, вследствие чего его характеристики обнаружения остаются неизменными.

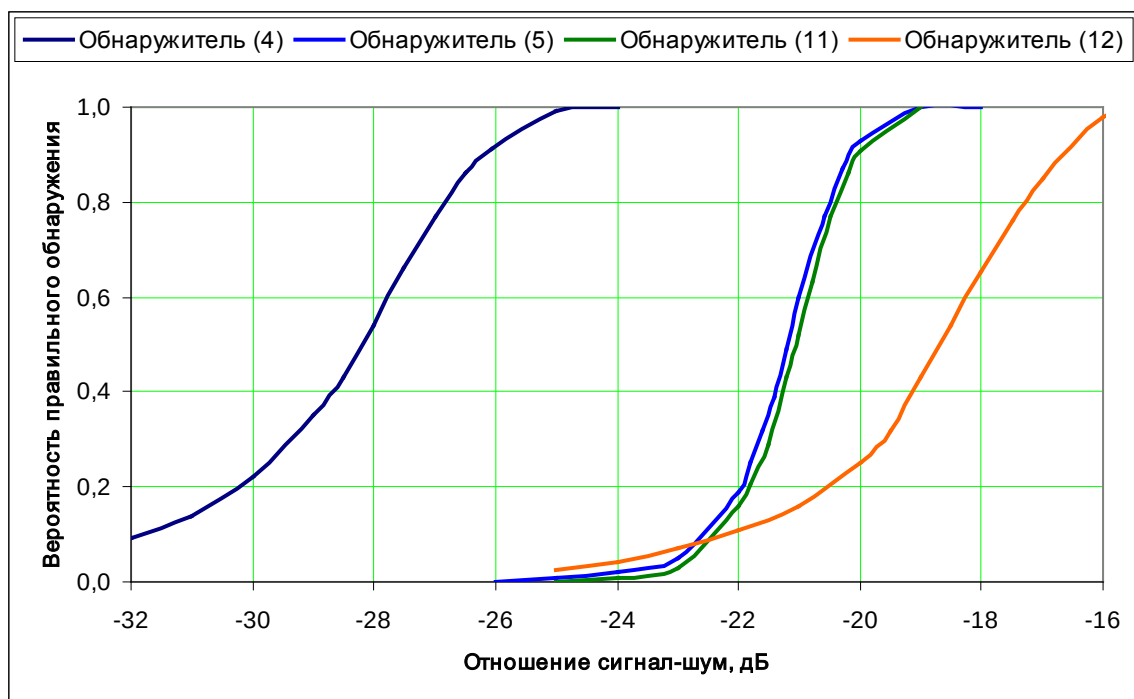


Рис. 1 Характеристики обнаружения при точно известной мощности шума

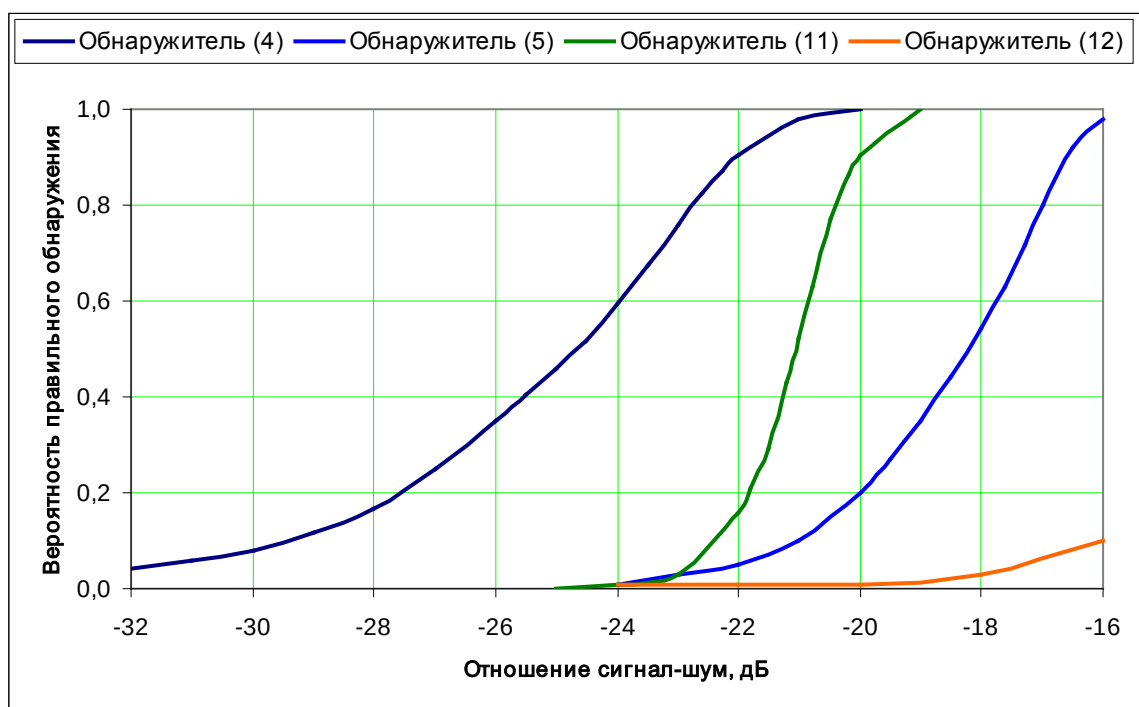


Рис. 2 Характеристики обнаружения при неточно известной мощности шума

Библиографический список

1. Петров С.В. Обнаружение стохастических сигналов в РЛС с цифровой ФАР. Сборник докладов 3-й научно-технической конференции молодых учёных и специалистов ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2012. – с.178-183.
2. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации. – М.: Радио и связь, 1992.

УДК: 621.396.677

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АФАР

Булкин В.А., к.т.н., нач. сектора ОАО «ВНИИРТ», Москва, Россия
Ерохин А.Ф., аспирант, нач. отдела ОАО «ВНИИРТ», Москва, Россия

Современный этап развития радиолокационных станций обнаружения, наведения и целеуказания (ОНЦ) характеризуется постепенным переходом от зеркальных антенных систем (АС) и пассивных фазированных антенных решеток (ФАР) к активным ФАР (АФАР).

РЛС предыдущего поколения построены на базе АС, параметры диаграмм направленности (ДН) которых стабильны в процессе эксплуатации. Эти АС состоят исключительно из пассивных элементов, свойства которых

определяются конструктивным исполнением и не имеют существенных изменений своих характеристик во времени и за счет влияния внешних воздействий, таких как температура, влажность и наличие электромагнитных помех. В этой связи контроль функционирования (КФ) этих РЛС осуществляется методом допускового контроля отдельных их составных частей (СЧ). По результатам допускового контроля СЧ принимается также решение о работоспособности РЛС в целом.

В современных и перспективных РЛС тактико-технические характеристики (ТТХ) меняются в процессе эксплуатации, так как входящие в состав их ФАР активные элементы подвержены изменению характеристик при воздействии внешних условий и имеют повышенную вероятность возникновения неисправностей. При этом отказ отдельных СЧ АФАР не приводит к внезапному отказу РЛС, а вызывает постепенное ухудшение её ТТХ. Организация КФ в таких РЛС на основе допускового контроля нецелесообразна из-за большого количества СЧ АФАР (единицы–десятки тысяч СЧ), а также из-за невозможности достоверно оценивать ухудшение ТТХ РЛС в целом с его помощью.

Другой характерной особенностью РЛС с АФАР является высокая стоимость их жизненного цикла за счет высоких затрат на разработку, производство и эксплуатацию. Снижение стоимости жизненного цикла данных РЛС может быть осуществлено за счет уменьшения затрат на эксплуатацию вследствие обеспечения минимального технического обслуживания РЛС.

Таким образом, для эксплуатации РЛС с АФАР необходима разработка и внедрение новых методов КФ, отвечающих следующим основным требованиям:

- обеспечение "сквозного" (интегрального) КФ приёмопередающих каналов ФАР;
- возможность оценки степени ухудшения ТТХ РЛС при возникновении неисправностей в АС;
- простота и оперативность проведения КФ.

Следует отметить, что одним из важнейших интегральных показателей технического состояния РЛС, однозначно определяющими ее основные ТТХ (точностные характеристики и разрешающую способность по угловым координатам, а также помехозащищенность), являются параметры приёмных и передающих ДН. В этой связи для оценки технического состояния РЛС (КФ) в ходе ее эксплуатации требуется осуществлять оперативный контроль параметров приемных и передающих ДН. Путем сравнения параметров "реальных" и "идеальных" (при отсутствии неисправностей в АС и без влияния внешних помеховых факторов) ДН определяются пределы работоспособности РЛС. Решение этих задач целесообразно возложить на подсистему контроля технического состояния (КТС) РЛС. В тех случаях, когда по результатам КФ принимается решение об отказе РЛС, осуществляется поисковый (диагностический) контроль (ПК), в результате ко-

того определяются вышедшие из строя элементы. Достаточно очевидно, что охватить все элементы ФАР поисковым контролем крайне сложно и затратно. В этой связи совместное использование результатов КФ и ПК может повысить достоверность определения вышедшего из строя элемента.

Следует отметить, что ввиду большого количества элементов в АФАР нормой является тот факт, что замена отказавших элементов в АФАР должна осуществляться не сразу после возникновения их отказа, т.е. допускается работа АФАР с некоторым количеством отказавших элементов, если в процессе использования изделия по назначению не принято решение об отказе РЛС. Поэтому процесс технического обслуживания РЛС с АФАР должен планироваться таким образом, чтобы периодически заменять отказавшие элементы АФАР, которые накапливаются в промежутке времени между плановыми восстановлением. Следует иметь в виду, что необходимо при этом осуществлять оперативный КФ АФАР, чтобы не пропустить момент, когда характеристики РЛС ухудшатся настолько, что станут хуже заданного предела ухудшения, установленного критериями отказа, выход за границы которого считается отказом.

Анализ известных методов КФ показал, что наиболее полно указанным выше требованиям отвечают методы КФ, обеспечивающие измерение амплитудно-фазового распределения (АФР) на приём и/или на передачу с последующим построением по нему ДН. При этом наиболее проработанными из них являются метод измерения АФР в дальней зоне (ДЗ) с помощью имитатора зондирующих и эхо-сигналов, проверка тракта обработки с помощью пилот-сигнала (ПС), а также метод измерения АФР в ближней зоне (БЗ) с помощью навесного зондирующего устройства (НЗУ). Данные методы были положены в основу технических решений РЛС ОНЦ, разработанных в ОАО «ВНИИРТ».

Библиографический список

1. Активные фазированные антенные решетки./ Под ред. Д.И. Воскресенского. М.: Радиотехника. 2003.
2. Воскресенский Д.И. Антенны с обработкой сигнала. (Учебное пособие). М.: САЙНС-Пресс. 2002.
3. Barton P. Multiple Beam Reseiving Array. Signal Processor. UK Patent 1515486. March 1977.
4. Григорьев Л.Н. Цифровое формирование диаграммы направленности в фазированных антенных решетках. М.: Радиотехника. 2010.
5. Патент на полезную модель № 109946.

ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СДВИГА ФАЗ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

*Игнатъев В.К., д.ф.-м.н., профессор, Волгоградский государственный
университет, Россия*

*Орлов А.А., студент, Волгоградский государственный университет,
Россия*

В физике и технике часто требуется оценить параметры гармонических сигналов, такие как фазовая задержка и частота. Однако в реальных электрических цепях и устройствах форма сигнала искажается, что приводит к появлению медленного дрейфа огибающей, а иногда и частоты. В таких условиях методы определения разности фаз на аналоговой основе [1] или с использованием различных электронносчетных методов могут давать существенную погрешность при наличии амплитудной модуляции и дрейфе частоты.

Развитие современных преобразовательных и вычислительных систем, связанное ключевым образом с повышением частоты дискретизации и разрядности аналого-цифровых преобразователей (АЦП), а так же с увеличением вычислительной мощности современных сигнальных процессоров [2] открывает новые возможности для цифровой обработки сигналов. При этом попытка промоделировать работу аналоговых систем на высокопроизводительных цифровых комплексах является неэффективной [3].

Параметрическое представление квазигармонического сигнала вида

$$x(t) = a(t)\sin(\theta(t)),$$

проведенное в работе [4], показывает, что при медленном изменении частоты $\dot{\theta}(t)$ и огибающей сигнала $a(t)$, параметры $a(t)$ и $\theta(t)$ могут быть восстановлены однозначно.

При решении задач радиолокации и радионавигации, часто требуется определять параметры синхронно принимаемых квазигармонических радиосигналов, излученных одним источником. В этом случае принятые сигналы взаимозависимы, и различаются между собой законом амплитудной модуляции и относительным фазовым сдвигом. При этом закон изменения частоты у принятых сигналов не отличается:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= a_1(t)\sin(\theta(t)), \\ x_2(t) &= a_2(t)\sin(\theta(t) + \varphi_0). \end{aligned}$$

Рассмотрим значения сигналов в точках, разделенных временным интервалом Δ , таким что

$$\dot{\theta}(t)\Delta < \pi/2. \quad (1)$$

Выбранный предел обусловлен особенностью тригонометрических функций, которая будет указана позднее. Рассмотрим сигналы $x_1(t)$, $x_2(t)$ в

точках t , $t - \Delta$, $t - 2\Delta$, разложив функции полной фазы и огибающей в ряд Тейлора в точке $t - \Delta$:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= a_1 \sin\left(\theta + \omega\Delta + \frac{\dot{\omega}\Delta^2}{2}\right); & x_2(t) &= a_2 \sin\left(\theta + \omega\Delta + \frac{\dot{\omega}\Delta^2}{2} + \varphi_0\right); \\ x_1(t - \Delta) &= a_1 \sin(\theta); & x_2(t - \Delta) &= a_2 \sin(\theta + \varphi_0); \\ x_1(t - 2\Delta) &= a_1 \sin\left(\theta - \omega\Delta + \frac{\dot{\omega}\Delta^2}{2}\right); & x_2(t - 2\Delta) &= a_2 \sin\left(\theta - \omega\Delta + \frac{\dot{\omega}\Delta^2}{2} + \varphi_0\right). \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь для упрощения записи приняты следующие обозначения:

$$a_1(t - \Delta) = a_1, \quad a_2(t - \Delta) = a_2, \quad \theta(t - \Delta) = \theta, \quad \dot{\theta}(t - \Delta) = \omega,$$

а так же опущены старшие члены рядов разложенных функций.

На основе выражений (2) путем ряда математических преобразований можно получить выражение для оценки частоты ω и разности фаз φ_0 :

$$\cos(2\omega\Delta) = \frac{B_2^2(t) - B_1^2(t) - B_1'^2(t)}{2B_1(t)B_1'(t)}; \quad (3)$$

$$\operatorname{tg}(\varphi_0) = \frac{D(t)}{C(t)} = \frac{B_2(t)\sqrt{4B_1^2(t)B_1'^2(t) - (B_2^2(t) - B_1^2(t) - B_1'^2(t))^2}}{2B_1(t)B_1'(t)B_4(t) - B_3(t)(B_2^2(t) - B_1^2(t) - B_1'^2(t))}. \quad (4)$$

где $B_i(t)$ – комбинации сигналов в разные моменты времени:

$$\begin{aligned} B_1(t) &= x_1(t)x_2(t - \Delta) - x_2(t)x_1(t - \Delta); \\ B_1'(t) &= x_1(t - \Delta)x_2(t - 2\Delta) - x_2(t - \Delta)x_1(t - 2\Delta); \\ B_2(t) &= x_1(t)x_2(t - 2\Delta) - x_2(t)x_1(t - 2\Delta); \\ B_3(t) &= x_1(t)x_2(t - 2\Delta) + x_2(t)x_1(t - 2\Delta); \\ B_4(t) &= x_1(t)x_2(t) + x_2(t)x_1(t - 2\Delta). \end{aligned}$$

При этом слагаемое, содержащее производную частоты, которое есть в уравнениях (2) компенсируется. Теперь становится понятным условие (1), наложенное на частоту исследуемого сигнала. Его выполнение гарантирует однозначность вычисления частоты в формуле (3) и при выводе формулы (4).

Как показали вычисления, проведенные по формулам (3) и (4), предложенная модель сигналов (2) подвержена влиянию аддитивного шума значений сигналов $x_1(t)$, $x_2(t)$. Поэтому целесообразно использовать усреднение по окну данных с помощью метода наименьших квадратов. Оно заключается в поиске оптимального значения искомой величины φ_0 , которая минимизирует значение следующего функционала:

$$E(\varphi_0) = \sum_{n=4Q}^{N-1} [C[n]\operatorname{tg}(\varphi_0) - D[n]]^2,$$

где для всех функций времени выполнена дискретизация $t = n\Delta t$, $n = 0, \dots, N - 1$, а Q – параметр прореживания, определяемый соотношением $\Delta = Q\Delta t$. Выражение для оценки разности фаз сигналов на заданном окне длиной N отсчетов сигнала имеет вид:

$$\operatorname{tg}(\varphi_0) = \left[\sum_{n=4Q}^{N-1} C[n]D[n] \right] / \left[\sum_{n=4Q}^{N-1} C[n]^2 \right]. \quad (5)$$

Для проверки данного метода было проведено численное моделирование. Исследовалась работа метода на сигналах различной формы с наличием и отсутствием аддитивного шума. При обработке синусоидального сигнала частотой $0,2/\Delta t$ с добавлением аддитивного гауссова шума в 10% от их амплитуды по ограниченной выборке в 100 отсчетов сигнала, дисперсия оценок фазы составила не более 0,06 рад, а при уменьшении амплитуды аддитивного шума до 0,01% – не более $4 \cdot 10^{-5}$ рад. Увеличение длины выборки, по которой производится оценка, до 10^4 приводит к уменьшению дисперсии оценки разности фаз в случае с 10% шумом до $5 \cdot 10^{-3}$ рад, а для 0,01% – $2 \cdot 10^{-6}$ рад. Указанные выше ошибки в определении разности фаз справедливы для определенной области заданной разности фаз сигналов, и составляет диапазон от 0,2 до 1,3 рад, при этом минимальная дисперсия достигается при значении разности фаз около $\pi/4$.

Наличие амплитудной и частотной модуляции в исследуемых сигналах хоть и влияет на точность оценки, но не существенно. К примеру, при наличии амплитудной модуляции частотой $0,01/\Delta t$ и коэффициентом модуляции 20% дисперсия оценок фазы остается на том же уровне, но появляется систематическая ошибка порядка 10^{-3} рад, но при уменьшении коэффициента модуляции до 0,2% ошибка в оценке фазы независимо от длины выборки составляет $2 \cdot 10^{-5}$ рад. Частотная модуляция по синусоидальному закону не сильно влияет на результат вычисления оценки разности фаз.

Экспериментальная проверка численного метода определения разности фаз была осуществлена при помощи микрофонного многоканального входа ноутбука. Для проверки точности работы аналоговых входов АЦП выбранной системы одинаковый синусоидальный сигнал частотой 10 кГц был подан на оба канала с прецизионного генератора ГЗ-122. Для подавления внеполосовых шумов оцифрованные данные подвергались фильтрации КИХ-фильтром с окном Хэмминга [5] с 201 точкой импульсной характеристики. Дисперсия оценок разности фаз по окну данных в 1001 отсчет на общем массиве данных в 10^5 точек составила $6 \cdot 10^{-6}$ рад. Для того чтобы избежать погрешности метода, возникающей при нулевом фазовом сдвиге, одна из последовательностей данных была сдвинута на один отсчет относительно другой.

Кроме того были поставлены эксперименты, в которых звуковая карта выступала как источником, так и приемником сигнала. Такой подход привлекателен возможностью сгенерировать сигнал с произвольно заданной фазовой, частотной или амплитудной модуляцией. На приведенном ниже графике (рисунок 1) представлена работа метода на фазоманипулированном меандром с частотой 5 Гц синусоидальном сигнале частотой 10 кГц с малым заданным сдвигом манипуляции 10^{-4} рад и большим постоянным сдвигом 0,5 рад относительно второго сигнала, фазовая манипуляция над которым не осуществляется.

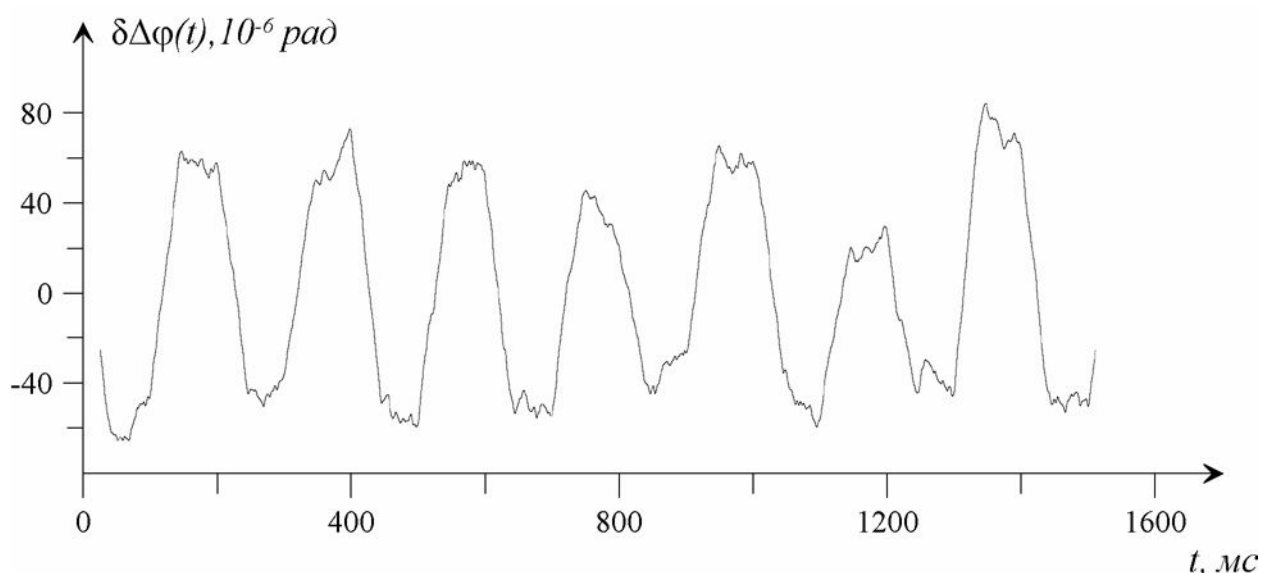


Рисунок 1 – График зависимости отклонения оценки разности фаз от среднего значения в эксперименте с фазовой манипуляцией

Как видно из приведенной зависимости полученный результат согласуется с заданным, как по частоте, так и по манипуляции разности фаз.

Проведенное исследование показывает, что созданный метод может быть полезен в различных физических системах, где измеряемым параметром является величина фазовой задержки. Основным преимуществом метода при этом является высокая устойчивость к амплитудной и частотной модуляции.

Работа выполнена по Государственному контракту № 14.B37.21.07284 ФЦП «Научные и научно педагогические кадры инновационной России».

Библиографический список

1. Винокуров В.И., Каплин С.И., Петелин И. Г. Электрорадиоизмерения: учеб. пособие / Под ред. В. И. Винокурова. – 2-е изд. – М.: Высш шк., 1986. – с. 351
2. Ссылка на электронный ресурс – [Режим доступа: свободный] – URL: <http://www.analog.com/ru/processors-dsp/products/index.html>. Дата обращения – 25.02.2013
4. Кучеров М.В., Смирнов В.Н. Широкополосный цифровой фазометр. – Центральное конструкторское бюро автоматики, 2005. – с. 7
5. Боровков В.И., Игнатьев В.К., Никитин А.В., Юшанов С.В. Однозначное определение огибающей и мгновенной частоты электромеханических колебаний. Известия вузов. Электромеханика. 2012. № 1. – С. 16–20.
6. Марпл-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир. 1990. – с. 584.

ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ШУМА ПО ИОНОГРАММАМ ЛЧМ ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ

*Колчев А.А., к.ф.-м.н., доцент, Хобер Д.В., аспирант,
Санников А.И., аспирант, Марийский государственный университет,
Россия*

Введение

В работе [1] предложены методики оценки спектральной плотности шума в коротковолновом диапазоне (КВ) по ионограммам зондирования ионосферы сигналами с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ). Замена гармонического сигнала гетеродина на ЛЧМ сигнал приводит (при неравномерной спектральной плотности) к изменению распределения спектральной плотности шума. Кроме того, ограничение по напряжению аналого-цифрового преобразователя (АЦП) приводит к ограничению уровня мощных сосредоточенных помех и к занижению величины спектральной плотности шума.

Цель работы – анализ ошибок при определении спектральной плотности шума КВ диапазона при ЛЧМ модуляции сигнала гетеродина приемника и ограничений входного уровня сигнала АЦП.

Обработка в приемнике

Излучаемый ЛЧМ сигнал можно представить в виде: $a_1(t) = a_0 \cdot \cos(2\pi f_0 \cdot t + \pi \dot{f} \cdot t^2)$, $t \in [0, T]$, где f_0 – начальная частота сигнала; $\dot{f}$ – скорость изменения частоты; a_0 – амплитуда сигнала; T – время излучения. Принимаемый сигнал умножается на сигнал гетеродина $a_g(t)$, являющийся копией излучаемого сигнала. После низкочастотного фильтра остается сигнал разностной частоты $A(t)$, который представляет собой сумму квазигармонических сигналов: $A(t) = \sum_{i=1}^M A_i \cdot \cos(2\pi F_i \cdot t + \varphi_i)$, где φ_i – фаза сигнала разностной частоты i -го луча, A_i и F_i – его амплитуда и частота.

Пусть сосредоточенная помеха представляет собой гармонический сигнал с амплитудой a_1 и частотой f_1 : $a_p(t) = a_1 \cdot \cos(2\pi f_1 t)$. После перемножения с сигналом гетеродина сигнал сосредоточенной помехи принимает вид:

$$a_p(t) \cdot a_1(t) = 0,5a_1a_o \cdot \left(\cos\left(2\pi(f_0 - f_1)t + \pi \dot{f} t^2\right) + \cos\left(2\pi(f_0 + f_1)t + \pi \dot{f} t^2\right) \right),$$

$t \in [t_n, t_n + \Delta t_n]$, где t_n - время начала воздействия сосредоточенной помехи на вход приемника, Δt_n - длительность воздействия. Таким образом, он имеет вид суммы двух ЛЧМ-импульсов, в то время как сигнал разностной частоты для i -го луча за время T можно считать квазигармоническим [2].

При низкочастотной фильтрации, в зависимости от параметров сигналов и фильтра, возможны различные ситуации: перенос спектральной плотности сосредоточенной помехи в полосу низкочастотного фильтра; эффект «наложения спектров»; усложнение структуры спектра.

На рис. 1 изображено изменение мгновенных спектров с течением времени в полосе частот цифрового приемника «Perseus», равной 1 МГц. Рис. 1 а) показывает исходное распределение мгновенных спектров, а рис. 1 б) – после умножения на ЛЧМ сигнал гетеродина. Из рис. 1 б) видно, что принимаемый ЛЧМ сигнал теряет ЛЧМ модуляцию (становится квазигармоническим), а сосредоточенные помехи ее приобретают. Видно также, что наблюдается как сигнал разностной частоты, так и суммарной.

Таким образом, после обработки в приемнике ЛЧМ ионозонда полоса частот, занятая сосредоточенной помехой, становится шире.

Влияние ограничений уровня сигнала в АЦП

Предположим, что на вход приемника ионозонда поступает также флуктуационный шум, тогда математическую модель сигнала на выходе системы сжатия $A_{\text{сж}}(t)$ в частотной области можно записать в виде суммы сигнала разностной частоты $A(t)$, флуктуационного шума $a_l(t)$ и суммы сосредоточенных помех $a_{sn}(t)$.

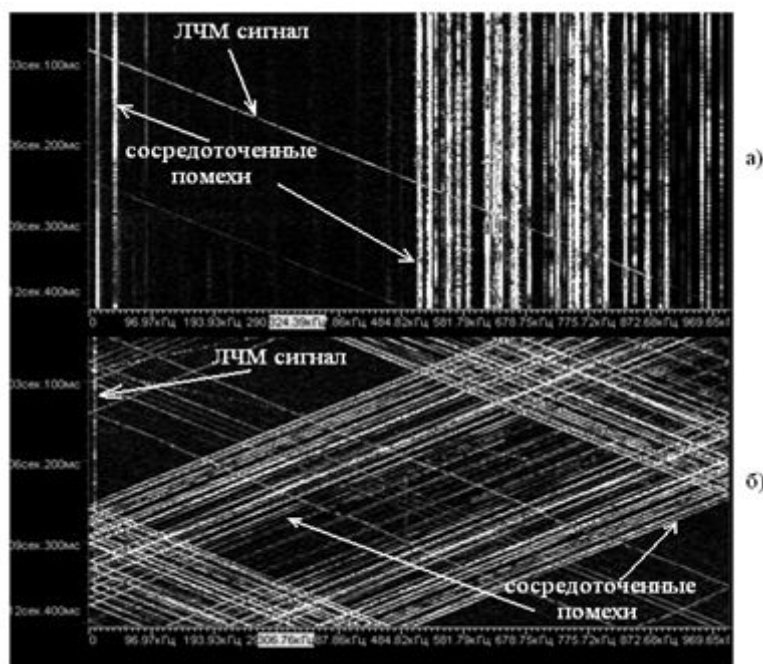


Рис. 1

Обычно работа ЛЧМ ионозонда происходит в условиях, когда амплитуда сигналов $A(t)$ и $a_l(t)$ сравнимы между собой, поэтому сигнал на выходе ионозонда представляет собой смесь «дорожки», образованной суммой сигнала разностной частоты с флуктуационным шумом и импульсов, порожденных сосредоточенными помехами. Аналого-цифровой преобразователь в приемнике имеет ограничение по напряжению. Уровень усиления подбирается таким образом, чтобы амплитуда полезного сигнала на 2-3 разряда была меньше максимального разряды АЦП. Ограничитель АЦП обеспечивает ограничение уровня мощных сосредоточенных помех и приводит к занижению величины спектральной сосредоточенной помехи. При этом спектральная плотность сосредоточенной помехи становится близкой по величине к спектральной плотности флуктуационного шума.

На рис. 2 а) приведен фрагмент ионограммы вертикального зондирования ионосферы, полученной 18.08.2011 г. в 18 ч 24 мин при помощи ЛЧМ ионозонда разработки фирмы «АДАСИС» (г. Йошкар-Ола) [3], а на рис. 2 б) - полученная в это же время импульсным ионозондом «Циклон» разработки Казанского Федерального Университета [4]. Эти ионограммы были получены в рамках работ по программам исследований на нагревном стенде «СУРА» (г. Васильсурск). Стенд «СУРА» непрерывно излучал на частоте 4785 кГц с эффективной мощностью излучения 50 МВт. Мощность излучения ЛЧМ ионозонда 10 Вт, импульсного ионозонда – более киловатта.

На рис. 2 а) и 2 б) прямоугольником выделен диапазон частот (отмечен цифрой 1) с центральной частотой, соответствующей частоте излучения нагревного стенда. Если при импульсном зондировании этот диапазон частот существенно выделяется, то при ЛЧМ зондировании он не отличается от остальных диапазонов частот (передатчик с мощностью излучения в 50 МВт не «виден» в приемнике). Полукругом на этих рисунках выделен диапазон частот (отмечен цифрой 2) с центральной частотой 6200 кГц в котором работают несколько КВ передатчиков. Их мощность меньше мощности импульсного ионозонда. Из рис. 2 а) видно, что их влияние на качество ионограмм, полученных с помощью ЛЧМ ионозонда и импульсного ионозонда приблизительно одинаково.

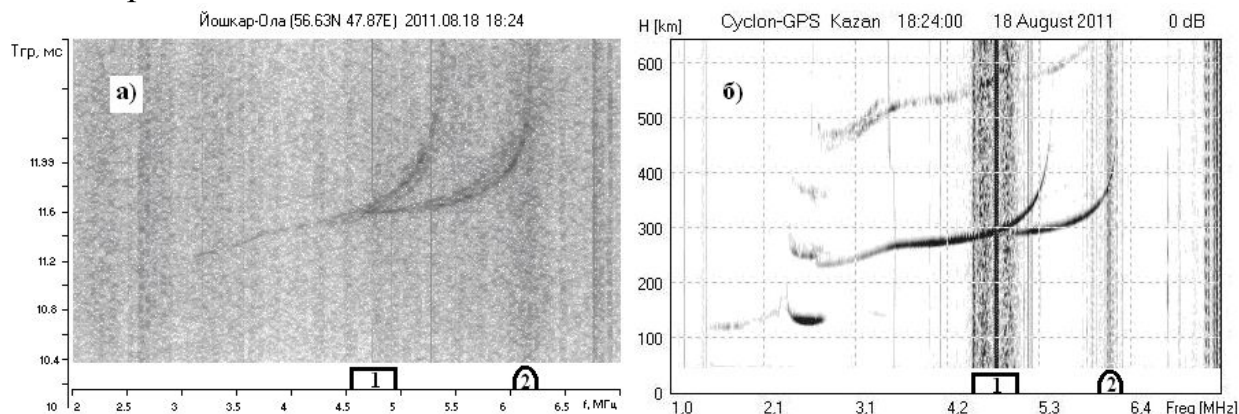


Рис. 2

Выводы

При обработке в приемнике ЛЧМ ионозонда полоса частот, занимаемая сосредоточенной помехой увеличивается, а ее спектральная плотность уменьшается, по сравнению с обработкой в импульсном ионозонде. В связи с этим, ЛЧМ ионозонд имеет преимущество перед импульсным ионозондом при исследовании ионосферных эффектов, возникающих вблизи частоты работы нагревного стенда.

Библиографический список

1. В. А. Иванов, Н. В. Рябова, В. П. Урядов, В. В. Шумаев Прогнозирование и экстраполяция параметров КВ-радиоканала по данным наклонного зондирования ионосферы // Радиотехника.- 1997. № 7.- С. 28-30.
2. Филипп Н.Д., Блаунштейн Н.Ш., Ерухимов Л.М., Иванов В.А., Урядов В.П. Современные методы исследования динамических процессов в ионосфере. – Кишинев: Штиинца, - 1991. – 286 с.
3. Колчев А.А., Шумаев В.В., Чернов А.Г., Шпак Д.Г., Щирий А.О. Дополнительные функции ЛЧМ ионозонда // Труды XVI Международной научно-технической конференции "Радиолокация, навигация, связь" (RLNC'2010). – Воронеж, 2010. – Т. 2 — С. 797 - 808.
4. Akchuyurin A.D., Minullin R.G., Nazarenko V.I., Sherstyukov O.N., Sapaev S.A., Zykov E.Yu. The ionospheric complex "Cyclon" // Ionosonde networks and stations. World data centre-A for solar-terrestrial physics. Boulder 1995 : Report UAG-104, 1995. – P. 35–36.

УДК: 621.375.026

НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЫ И ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ УСИЛИТЕЛЕЙ В КЛЮЧЕВЫХ РЕЖИМАХ

Баранов А.В., к.т.н., директор, ООО «Эльдорадо», Н. Новгород, Россия
Моругин С.Л., д.т.н., зав. каф. КТПП, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Н. Новгород, Россия

При проектировании высокоэффективных ВЧ–СВЧ радиопередающих трактов и гетеродинов приемных устройств широко используются различные усилительно-ограничительные устройства, работающие в ключевых режимах. Среди них—усилители-ограничители, усилители мощности (УМ) и генераторы с внешним возбуждением, в основе работы которых лежат принципы усиления, ограничения и стабилизации выходной мощности. Из-

вестные ключевые устройства (здесь и далее – УМ) являются, как правило, низкочастотными. Их частотные ограничения проявляются тем больше, чем выше уровень выходной мощности или чем более мощный транзистор используется в качестве ключа [1, 2]. Ключевые режимы УМ характеризуются определенными наборами токов и напряжений транзистора на основной частоте и ее k гармониках (или подобными наборами импедансов нагрузок ключа Z_k и его токов (напряжений)). В таких режимах ток через транзистор протекает при минимальном напряжении на нем и наоборот. Работа данных УМ связана с коммутационными потерями или потерями мощности при переключении транзистора – $P_{\Pi(i)}$. Из-за относительной малости потерь, связанных с инерционностью СВЧ транзисторов в процессе переключения, выходная $P_{(и)}$ и теряемая $P_{\Pi(i)}$ мощности и электронный (стоковый) КПД $\eta_{(и)}$, в основном, зависят от потерь энергии, запасенной паразитными реактивными элементами эквивалентной схемы ключевых транзисторов: либо выходной емкостью «сток-исток» C_{ds} либо индуктивностью вывода «стока» L_d [1, 2]:

$$P_{\Pi i} = C_{ds} U_0^2 f_0 / 2; \quad P_{\Pi} = L_d I_0^2 f_0 / 2; \quad \eta_{(и)} = P_{(и)} / P_{DC} = 1 - P_{\Pi(i)} / P_{DC}, \quad (1)$$

где U_0 – напряжение в момент включения транзистора, I_0 – ток в момент его выключения, $f_0 = \omega_s / (2\pi)$ – частота входного колебания, P_{DC} – потребляемая мощность – $P_{DC} = I_{DC} U_{DC}$, а U_{DC} , I_{DC} – постоянные составляющие напряжения и тока транзистора, «и» – индекс, которым здесь и далее отмечены элементы и характеристики «исходных» ключевых УМ с потерями из-за разряда C_{ds} .

Максимальные рабочие частоты $f_{\max(i)}$ ключевых УМ, например, класса Е с потерями, связанными с элементами C_s и L_s , находятся из выражений [1–3]:

$$f_{\max и} = b_1 I_{\max} / (C_s U_{DC}); \quad f_{\max} = b_2 U_{\max} / (L_s I_{DC}), \quad (2)$$

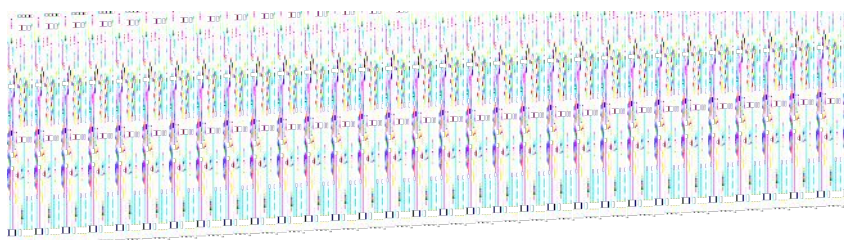
где $U_{\max}$ и $I_{\max}$ – максимальные (пиковые) напряжение и ток транзистора ($U_{\max} = g_U U_{DC}$, $I_{\max} = g_I I_{DC}$), C_s и L_s – емкость и индуктивность элементов, с которых начинаются формирующие контуры и которые включают в себя величины паразитных элементов C_{ds} и L_d ; b_1 , b_2 и g_I , g_U – соответствующие режиму класса Е частотные коэффициенты и пик-факторы тока и напряжения.

В соответствии с (1) теоретически возможный предел КПД ключевых устройств, работающих на близких к нулю частотах, составляет 100%. Из-за неблагоприятного влияния элементов C_{ds} , L_d на работу транзисторного ключа КПД данных устройств на высоких частотах отличаются от предельной величины. Если на высоких частотах в УМ основным является влияние емкости C_{ds} , то коммутационные потери определяются традиционными потерями энергии вследствие ее разряда при замыкании ключа. Если на высоких частотах доминирует последовательная индуктивность L_d транзистора, то при размыкании ключа в УМ существует «дуальный» тип коммутационных потерь энергии, накопленной при протекании тока через L_d . Устройства с дуальным типом потерь относят к числу «альтернативных» или

«инверсных» – класса $E_{\text{инв}}$, в которых емкостью C_{ds} просто пренебрегают [3]. Устройства с полной (в соответствии с принципом дуальности) инверсией всех основных элементов, связей между ними и уравнений, описывающих их работу, можно назвать «дуальными» или класса E_d [4, 5].

Физические процессы функционирования мощных СВЧ транзисторов приводят к неизбежному проявлению относительно большей величины C_{ds} по сравнению с другими реактивными элементами. Согласно формуле η_i в системе (1) рассеивание в процессе коммутации энергии, запасенной емкостью большой величины, приводит на высоких частотах к резкому снижению КПД и выходной мощности или требует значительного понижения рабочих частот при сохранении приемлемых значений $\eta_{(и)}$ и $P_{(и)}$. Поскольку значение C_S в формуле $f_{\text{махи}}$ системы (2) не может быть меньше величины C_{ds} , то именно ею и ограничивается максимальная частота работы УМ в классе Е.

Тогда, чтобы улучшить частотные и энергетические характеристики УМ в ключевых режимах, необходимо выбрать транзисторы с минимальными величинами C_{ds} . Однако наиболее действенным (из известных) способом повышения рабочей частоты и выходной мощности ключевых устройств является использование режимов класса Е (или в комбинированных с ним режимов – DE, FE) [1–3]. Модель усилительно-ограничительного устройства на рисунке 1 при нулевой компенсирующей индуктивности $L_X=0$ является типовой для УМ с формирующим контуром или Е класса. Данное устройство состоит из формирующего контура, расстроенного в q -раз по частоте, фильтрующего контура и оптимальной по КПД нагрузки R , а также цепи ее согласования с трактом 50 Ом. Транзисторный ключ представлен источником тока I_{DC} , емкостью C_{ds} , линеаризованной в пределах выбранного режима, и эквивалентным активным сопротивлением $R_K(U_{вх})$, которое изменяется от нуля во включенном состоянии до бесконечности в выключенном состоянии. Для устранения вредного влияния емкости C_{ds} , ее величина включена в состав емкости C_S , с которой начинается формирующий контур. Это возможно при условии, когда $C_S \geq C_{ds}$. Начиная с некоторых рабочих частот, данное условие не выполняется. Если $C_S < C_{ds}$, то полностью устранить вредное влияние C_{ds} нельзя. Тогда потери, связанные с разрядом избыточной (по отношению к расчетному значению C_S) емкости C_{ds} , остаются, а величины КПД и $P_{и}$ устройства понижаются. То есть дальнейшее повышение рабочих частот данных устройств по-прежнему ограничивается избыточной величиной C_{ds} . На высоких частотах их значения являются причиной низких величин η_i и $P_{и}$.



Поскольку в ключевых усилительно-ограничительных устройствах с реактивными элементами избавиться от всех видов потерь нельзя, то встает задача: устранить потери энергии, запасенной доминирующим реактивным элементом ключа – емкостью (преобразовав ее в энергию колебания основной частоты), и заменить их на гораздо меньшие потери энергии, запасенной индуктивностью. Фактически, для улучшения частотных и энергетических характеристик УМ класса Е необходимо изменить их тип коммутационных потерь на дуальный. Именно в этом заключается суть новой концепции повышения рабочей частоты и выходной мощности ключевых устройств.

Изменить тип коммутационных потерь ключевых устройств можно с помощью управления выходной реактивностью ключевого элемента путем компенсации на основной частоте его емкостной реактивности, например, реактивностью другого знака. Управлять выходной реактивностью ключа можно как при помощи внешних компенсирующих элементов [4, 5], так и путем изменения нелинейного режима самого ключевого элемента [6]. На рисунке 2 показаны способы компенсации выходной емкости транзисторных ключей. Установлено, что на высоких частотах в известных ключевых устройствах класса Е с формирующими контурами, начинающимися с шунтирующей ключ емкости, невозможно выполнить компенсацию C_{ds} , используя приемы на рисунках 2 а) и б). В первом случае непонятно, где и как в распределенной структуре СВЧ транзистора установить компенсирующую индуктивность $L_{ком}$. Кроме того, вариант компенсации сопротивления емкости C_{ds} на рисунке 2 а) приводит к шунтированию $R_K(U_{вх})$, так как при резонансе последовательного типа действующее сопротивление LC -цепи равно нулю. Используя прием управления выходной реактивностью ключа на рисунке 2 б), компенсировать C_{ds} гораздо проще, особенно на низких частотах. Однако на высоких частотах, где величины компенсирующих элементов становятся малыми, их нельзя изготовить меньшими, чем паразитная индуктивность разделительного конденсатора, который необходим, чтобы избежать режима короткого замыкания транзистора по постоянному току. В большей степени СВЧ диапазону соответствует прием управления выходной реактивностью ключа на рисунке 2 в), так как в последовательных выходных цепях проще реализуются компенсирующие элементы. Кроме того, установлено, что в цепях последовательного типа на рисунке 2 в) реализуются гораздо меньшие величины индуктивностей L_X , в результате чего компенсация сопротивления емкости C_{ds} возможна на более высоких частотах [6]. Сопротивление емкости C_{ds} компенсируется на основной частоте реактивностью индуктивности $L_{ком}$, величина которой получается путем пересчета сопротивлений эквивалентной цепи, образованной индуктивностью L_X и импедансом нагрузки $Z_{эКВ}^*$.

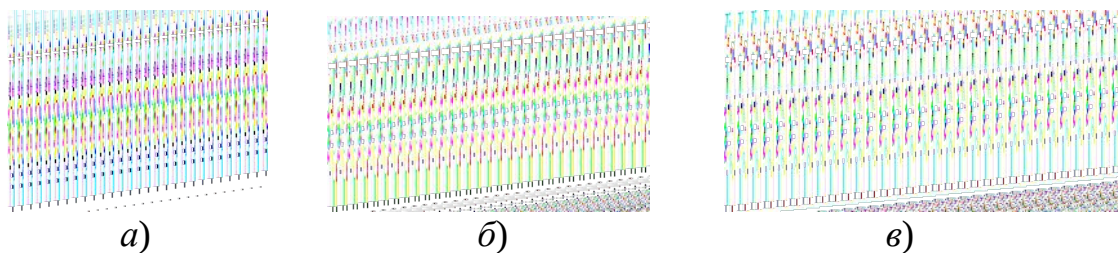


Рис. 2

Выходная реактивность резистивного ключа (кроме уже рассмотренных способов ее управления) определяется и собственным нелинейным режимом. Она существенно зависит от режима возбуждения ключа. Если найти режимы транзисторного ключа с выходной реактивностью, при которых данная реактивность будет носить индуктивный характер, то компенсация C_{ds} станет возможной. Поскольку реактивные составляющие выходного тока устройств класса Е в дуальных парах имеют разные знаки [6], а дуальным усилителям мощности класса Е [4, 5] и [А.В.Баранов, патенты РФ на изобретения 2306667, 2402149] соответствуют реактивные составляющие выходных импедансов ключей именно индуктивного характера, то тогда компенсация избыточной для исходных УМ класса Е емкости C_{ds} становится выполнимой на практике.

После смены типа коммутационных потерь величины элементов новых формирующих контуров могут быть выбраны относительно малыми, так как определяются менее жесткими, чем ранее, конструктивными особенностями и физическими ограничениями транзисторов, которые связаны с реактивным элементом L_d , являющимся следующим за емкостью C_{ds} по порядку малости. В результате, открываются новые перспективы в проектировании более высокочастотных и более мощных ключевых устройств, класса Е в частности.

Таким образом, предложена концепция повышения рабочей частоты и выходной мощности усилителей в ключевых режимах. Она основана на смене типа коммутационных потерь с традиционного на дуальный. Концепция представляет собой систему взглядов на выбор модели усилителей класса Е (где величины C_{ds} и L_x не могут быть нулевыми), на определение способов управления выходной реактивностью транзисторного ключа для компенсации на основной частоте сопротивления емкости C_{ds} (ее оценки и регулировки в пределах выбранного режима), а также на поиск и установку в УМ режимов ключевых элементов с индуктивным характером их выходных реактивностей.

Библиографический список

1. Повышение эффективности мощных радиопередающих устройств / А.Д. Артым [и др.]; под ред. А.Д.Артыма. – М.: Радио и связь, 1987. – 176 с.

2. Транзисторные генераторы гармонических колебаний в ключевом режиме / В.Б.Козырев [и др.]; под ред. И.А.Попова. – М.: Радио и связь, 1985. – 192 с.

3. Grebennikov, A.V. Switchmode RF power amplifiers / A.V. Grebennikov, N.O.Sokal. – Burlington: Newnes, Elsevier, 2007. – 424 p.

4. Баранов, А.В. Дуальные СВЧ–усилители повышенной мощности в классе «Е» / А.В.Баранов // Радиотехника. – 2008. – № 12. – С. 34–39.

5. Баранов, А.В. Дуальный СВЧ–усилитель мощности класса «Е» с индуктивностью и фильтрующим контуром / А.В.Баранов // Электронная техника. Сер.1. СВЧ-техника. – 2011. – Вып. 2(509). – С. 28–40.

6. Баранов, А.В. Повышение рабочей частоты и выходной мощности усилителей Е класса / А.В.Баранов, С.Л.Моругин // Проектирование и технология электронных средств. – 2010. – № 3. – С. 15–23.

УДК: 621.396.96

СОВРЕМЕННАЯ РАДИОЛОКАЦИЯ: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

*Горбунов Ю.Н. д.т.н., ведущий научный сотрудник ФГУП «ЦНИРТИ
им. академика А.И. Берга», Москва, Россия
Перунов Ю.М., д.т.н., главный научный сотрудник Института
динамики геосфер (ИДГ) РАН, Москва, Россия*

Введение и постановка задачи. Исследования на тему «современная радиолокация» безусловно это цифровая ПВ обработка сигналов.

Актуальность исследований заключается во внедрении в технику обработки и формирования сигналов новых цифровых технологий, поднимающих радиолокацию на новый современный уровень:

- адаптация приёма и формирования ПВ сигналов;
- защита от АП и ПП с использованием пространственно-временной корреляции (системы СДЦ и формирование «нулей» в ДНА ФАР);
- совмещение режимов радиотехнической разведки (РТР) и радиоэлектронного подавления (РЭП);
- учет факторов снижения заметности;
- реализация распределённой системы ПВ-обработки при грубом квантовании сигнала в РЛС с многоэлементными ФАР.

Цифровой обработке (ЦО), несмотря на известные преимущества, присущи недостатки: эффекты дискретизации и квантования.

Эти ограничения проявляется в современных РЛС, где система ЦО, в особенности для РЛС с ФАР представляет собой достаточно разветвленную сеть (многопроцессорную, многоканальную). В авиационных и космиче-

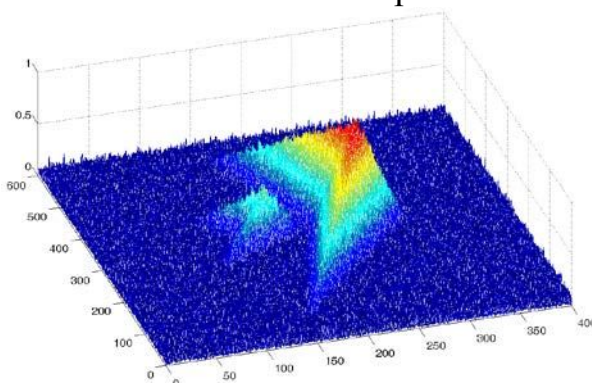
ских РЛС необходимо учитывать не только традиционные ограничения, но и ресурсные: разрядность, частоты квантования, размеры окон ПВ выборок и т.д.

При параллельной обработке информации (на регистровом и топологическом уровнях, в параллельных интерфейсах) разрядность информационных потоков радиолокационных данных напрямую определяет техническую сложность построения аппаратуры (фазовращатели, умножители, процессоры, нормализаторы задержек).

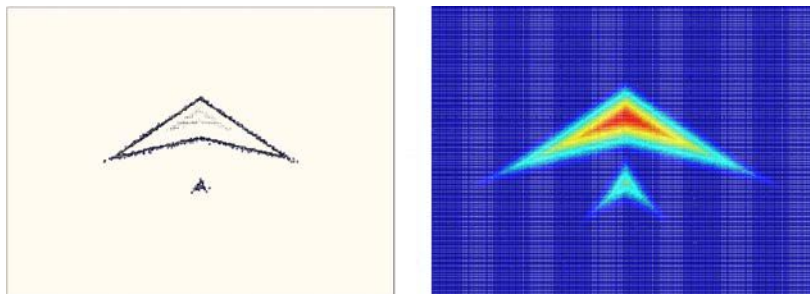
Поэтому разрядность РЛ данных, частоты дискретизации, размеры окон ПВ-выборок должны быть минимальными.

Решение задачи. Малоразрядной цифровой обработке посвящена работа [1]. Прежде обратимся к Рис.1, на котором изображены примеры изображений ЛА при 16- разрядной обработке и бинарном квантовании. Отношение сигнал/шум было выбрано 20, 0 и «-10» дБ, соответственно. Очевидно, что ресурс 16-разрядной обработки использован нерационально.

На Рис.2 приведен пример реализации принципа рандомизации на примере стохастического 2-х битового АЦП, в котором использован способ «зашумления» измеряемого сигнала симметричным шумом $\xi(t)$, где АХ – амплитудная характеристика, ГС – блок формирования грубой статистики: видим «узлы» и «пучности» дисперсии шума квантования вокруг линии «идеального» (многоразрядного) АЦП. Дисперсия уменьшается как $1/N$ с ростом числа N обрабатываемых отсчетов при независимых отсчетах.



Рандомизация с порогом 0,5 Прямое изображение



$$q_0^2 = 20 \text{ дБ}$$

ний в серии N испытаний была связана с числом π , которое, как известно, является иррациональным числом, а следовательно представления кодом с бесконечной разрядностью. [2].

Необходимо отыскать резервы повышения эффективности ЦО при использовании РЛ данных с бинарными признаками (малоразрядных, бинарно-знаковых, булевых и т. п.).

Впервые повышение инструментальных возможностей малоразрядной обработки применительно к задаче уточнения положения центра тяжести сигнала по пачке N импульсов РЛС в режиме обнаружения проиллюстрировано в [3].

Очень часто из-за ограниченности динамического диапазона полезный сигнал становится соизмеримым с дискретой квантования, либо меньше её, возникают потери слабого сигнала, которые могут быть скомпенсированы рандомизацией.

Размеры временных и пространственных окон по времени (N), азимуту (M), и углу места (L) выступают как естественный ресурс доплеровской и пространственной селекции. «Обеление» A и P помех осуществляется одновременно с «обелением» шумов квантования.

В работах [1, 4] сформулирован подкласс задач, отличающихся тем, что в формировании пространства наблюдений принимает участие «Наблюдатель», который может рандомизировать процесс приема сигналов путем использования случайных порогов (эталонных учитываемых добавок и др.).

В [5] приведены результаты исследований по разделу «Адаптация приёма ПВ сигналов путём организации многоэтапных рекурсивных процедур для оценивания параметров (компонент) вектора измеряемых параметров», где на примере измерения дальности обосновывается возможность изменять условия измерений, сформулированная как адаптация приёма ПВ сигналов.

Процесс измерений параметров повторяющегося сигнала организован по принципу «удлиняющейся серии». В результате обзора методов отмечена близость предлагаемого способа к «урновой схеме Пойя» и в меньшей степени сходство с классической процедурой Вальда.

Процесс оценивания может быть организован последовательно по серии (пачке) из N , M , L отсчетов, в результате чего снижаются требования к разрядности квантователей и открываются возможности применения рандомизированной обработки.

Задача интерполяции дальности, скорости, азимута и угла места – сводится к задаче измерения уточняющей интерполирующей добавки Δ_x и связанной с ней вероятностью $p = \Delta_x / \Delta$, где Δ_x - ошибка квантования, подлежащая оценке; Δ - шаг квантования.

Таким образом, речь идет об измерении Δ_x методом статистических испытаний с использованием «грубой» (булевой) статистики $\mu_i = 1/0$, либо $\mu_i = +1/-1$.

Разумно введенная отрицательная корреляция между элементами вектора-выборки может приводить к отрицательным членам с ковариациями в формуле СКО и уменьшить её по сравнению с обычным случаем.

Результаты исследований и их анализ. В [6] приведены результаты аналитических исследований по стохастическому обнаружению, проведено обоснование возможности рандомизации обнаружения с использованием стохастических критериев и, в первую очередь, робастных непараметрических.

Основное положение новой теории обнаружения состоит в том, что «Наблюдатель» при принятии решения использует «пороговый джиттер» (дрожание порогов) и путём задания вероятностной меры в дискретных точках вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги, линеаризующих рабочую характеристику радара.

Указанные обнаружители обладают робастными (непараметрическими) свойствами, т.к. их вероятностные характеристики эффективности не зависят от распределения шумов.

В рассмотренных обнаружителях пространство наблюдений в процессе принятия решений разбивается не на два (как это принято в классической теории обнаружения), а на три множества с образованием некоторой промежуточной (уменьшенной) зоны, в которой вероятность принятия решения назначается с заданной вероятностью.

На примере сглаживания траекторных измерений сближающихся объектов в задаче прогнозирования промаха в [7] был рассмотрен метод комбинаторного статистического анализа, в котором задача обнаружения траектории сведена к задаче обнаружения «зашумленной» константы.

Для достижения цели в исследуемом способе предложено сглаживать ошибки измерения на редуцированных плоскостях. Это возможно при использовании некоторых данных навигационной системы.

Тривиальная модель сближения объектов взаимодействия была взята для упрощения доказательства возможности сглаживания шумов квантования и рандомизирующего шума. Очевидно и то, что не использование обработки «грубых» отчётов на редуцированных плоскостях приводило к увеличению порядка эквивалентных « α , β – фильтров» (или фильтров Калмана) при фильтрации достаточно «крутых» гиперболических (по дальности) и обратно-тригонометрических (по углам) полётных функций сближения объектов.

В [1] рассмотрены особенности цифровой фильтрации сигналов по направлению с использованием понятия пространственных частот (см. раздел из «оптики» - «разложение по волновым числам») и процедуры измерения частоты и пеленга в РЛС с ФАР по алгоритмам БПФ.

В результате такой обработки исходная полоса входного сигнала ΔF разбивается на более мелкие частотные интервалы Δf ($\Delta f < \Delta F$) («соты», «домены», «фракталы»), в результате чего повышается чувствительность и разрешение «группового» сигнала.

В [1] также приведены результаты аналитических исследований по новой трактовке метода приведения «небелого» шума к «белому» и сформулирован принцип построения стохастических обеляющих фильтров со случайными весовыми коэффициентами (ВК) a_i , в которых с целью сохранения структурно-канонической инвариантности и нормализации задержек по дальности, скорости и угловым координатам, стабилизации уровня предпорогового шума введена корреляция ВК при $M_1\{a_i\} = 0$.

В стохастических ЦРФ в виду наличия оператора $M_1\{\cdot\}$ появляется возможность воспользоваться его интерполирующим действием, т.к. известно, что независимо от того, является ли исходная случайная величина непрерывной или дискретной, ее моменты – являются непрерывными величинами.

В работе [1] рассмотрены вопросы построения стохастических ФАР, при этом отмечена неожиданная взаимосвязь с заметностью антенн, что весьма важно для интегрированных бортовых РЛК. Показано, что контролируемый джиттер весовых коэффициентов ПВ-фильтров (ФАР) уменьшает фоновую составляющую КНД, обусловленную шумами квантования цифровой системы даграммообразования.

В [1] также приведены результаты аналитических исследований цифровой системы СДЦ с идеальным (жестким) ограничением сигнала на входе и рандомизацией алгоритма обработки N-импульсной пачки импульсов после бинарно-знакового АЦП. Проведены аналитические исследования вопросов восстановления сигнальных полей, дискретизированных по времени и пространству, сформулированы варианты теорем отсчётов, дающие возможность восстанавливать дискретизированные по времени и пространству сигнальные поля в связи с необходимостью их фильтрации по обычным и пространственным частотам (угловым направлениям), в т.ч. при использовании стохастических шкал квантования.

В [1] приведены результаты моделирования частотомеров и пеленгаторов для задач РТР-РЭП и радиолокации.

В качестве метода измерения моделирования взят моноимпульсный метод, а в качестве конкретного способа выбран способ «фрактальной суммарно-разностной обработки», согласно которому на оси обычных ω или пространственных Ω частот выявляется пара смежных каналов $i, i+1$ и образуются суммарные u_{Σ} и разностные u_{Δ} каналы. В рабочей зоне по частоте и угловым координатам образуется «веер лучей» каналов временного или пространственного БПФ.

Моделирование квазилинейных трактов ПВ обработки сигналов в условиях искусственно загруженного квантования квадратурных компонент входного сигнала (использована предельно «грубая» статистика $\mu_i = \pm 1$) и доказало линеаризирующее действие шумового напряжения, рандомизирующего процесс квантования.

В ходе моделирования применялся амплитудный, временной (фазовый) «джиттер» (дрожание шкал квантования), а также «джиттер» ВК стохастического ЦФ (временного и диаграммообразующего).

Заключение:

Современные РЛС нового поколения не могут быть ориентированы лишь на экстенсивное наращивание ресурсов цифровой обработки пространственно-временных (ПВ) сигналов. Заданная эффективность может быть обеспечена использованием “грубых” отсчетов, с бинарными свойствами.

В современных РЛС рекомендуется:

- применять адаптацию приема ПВ сигналов путем организации многоэтапных рекурсивных процедур, что позволяет повысить точность измерения параметров сигнала;
- использовать алгоритмы робастного непараметрического обнаружения, в т.ч. с рандомизацией критерия обнаружения для линеаризации рабочих характеристик обнаружения РЛС при одновременной стабилизации заданного уровня вероятности ложных тревог;
- осуществлять сглаживание измерений на «редуцированных плоскостях», что позволяет, свести задачу измерения «промаха» перекрещивающихся траекторий высокоскоростных объектов к измерению «зашумленных констант»;
- для повышения коэффициентов подавления, улучшения, подпомеховой видимости, уменьшения СКО измерения параметров (амплитуды, фазы, дальности, обычной и пространственной частот и др.), снижения заметности ФАР и др. применять рандомизацию грубых отсчетов АЦП, ЦФ, фазовращателей.
- рассматривать с единых позиций спектральный анализ как обычных, так и пространственных частот;
- проводить квантование времени и пространства, в т.ч. с применением стохастических ортогональных базисов – стохастических шкал квантования.

Библиографический список

1. Горбунов Ю. Н. Цифровая обработка радиолокационных сигналов в условиях использования грубого (малоразрядного) квантования: Монография // Федеральное космическое агентство, ФГУП «ЦНИРТИ им. академика А. И. Берга» - М., 2007. – 87 с.
2. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло.-М.: Наука, 1973.
3. Гайсов В.Г., Горбунов Ю.Н. Двухэтапная процедура измерения временных интервалов методом статистических испытаний с обратной связью. // Автометрия. – Сибирское отделение АН СССР, 1982, № 2.- с. 54 – 60.

4. Кашницкий Л.М. Вопросы обнаружения двоично-квантованного радиолокационного пакета. // Труды XVII научно-технической конференции «Радиолокационные системы и технологии». – М.: ВНИИРТ, 2006. - с. 117 – 125.
5. Горбунов Ю.Н. Многоэтапная процедура измерения параметров повторяющегося сигнала методом стохастического усреднения цифровых отсчетов. // Автометрия. – Сибирское отделение АН СССР, 1985, № 3. с. 96 – 99.
6. Горбунов Ю.Н., Бондарев А.В. Алгоритмы и устройства цифровой стохастической обработки сигналов в радиолокации.: Монография - Учебное пособие. - М.: НИЦЭВТ, ИПК МРП, 1990. - 144 с.
7. Горбунов Ю.Н., Дружко С.Н., Гончаров В.А. Квантование временных и пространственных параметров сигнала при прогнозировании промаха сближающихся высокоскоростных объектов в условиях ограничения энергopotенциала РЛС объекта атаки. //Труды 18-й Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация и связь», организатор НПФ «Саквоее» при поддержке ОАО Концерн «Созвездие», 2012, т. I. – 8 с.

СЕКЦИЯ №4: РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

УДК: 533.9

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ ПРИ L-H ПЕРЕХОДЕ В СТЕЛЛАРАТОРЕ Л-2М МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ

*Аношин А.А., Васильков Д.Г., Карповцева В.Д., Кириллова Ю.А.,
Семин А.А., Хольнов Ю.В. и коллектив стелларатора Л-2М
Институт общей физики РАН - МГТУ МИРЭА*

Представлены результаты экспериментов на стеллараторе Л-2М при различных условиях электронно-циклотронного нагрева плазмы. Использовались различные гиротронные комплексы, мощность нагрева варьировалась от 50 до 500 кВт. При мощности 250 кВт был обнаружен эффект улучшения удержания на стационарной стадии разряда, рост энергии достигал 15%. При экспериментах с мощностью нагрева 400-500 кВт эффект перехода плазмы к улучшенному удержанию стал более выраженным, рост энергии достиг 25%. Подробно описаны методы измерения температуры плазмы с помощью регистрации излучения из плазмы в различных частотных диапазонах.

В экспериментах на магнитных ловушках, связанных с изучением проблемы управляемого термоядерного синтеза, большое внимание уделяется получению L-H переходов (переходов к улучшенному удержанию). Они связаны с изменением свойств переноса в плазменном шнуре и характеризуются следующими изменениями параметров плазмы: резким ростом энергии и плотности плазмы на стационарной стадии разряда, падением излучения из плазмы и флуктуаций в краевой области плазменного шнура, а также образованием краевого транспортного барьера. В токамаках (системах с омическим нагревом) рост энергии в условиях дополнительного нагрева достигает 2-3 раз, а в стеллараторах (системах с магнитной конфигурацией, созданной внешними проводниками) существенно меньше – до 20-30%.

Подобное исследование проводилось на стеллараторе Л-2М (ИОФ РАН). Установка представляет собой классический двухзаходный стелларатор с большим широм. Создание и нагрев плазмы производятся методом электронно-циклотронного резонанса (ЭЦР) с помощью гиротронных комплексов МИГ-2 (до 2009 г.) и МИГ-3 (с 2010 г.).

Установка обладает развитым диагностическим комплексом, позволяющим определять интегральные, профильные и локальные характеристики плазменного шнура. В данных экспериментах использовались комбинированная диамагнитная диагностика (для измерения энергии плазмы и анали-

за свойств энергобаланса), многохордовые интерферометры для измерения радиального распределения электронной плотности, измерение температуры плазмы по регистрации излучения в диапазонах СВЧ, рентгеновского и видимого излучения, магнитные, ленгмюровские зонды и доплеровский рефлектометр для определения характеристик плазменной турбулентности.

Впервые эффект улучшения удержания в установке Л-2М на стационарной стадии разряда был обнаружен в экспериментах с максимальной мощностью нагрева 250 кВт [1]. Он проявлялся в виде кратковременного процесса, сопровождающегося ростом энергии и плотности плазмы до 15% и существенным изменением структуры края плазменного шнура. При помощи зондов обнаружено резкое падение флуктуаций потенциала и плотности плазмы.

В серии экспериментов с одним новым гиротроном (мощность нагрева до 400 кВт) обнаружен рост энергии до 10% [2].

Наконец, одновременная работа двух гиротронов позволила достичь суммарной мощности 500 кВт и получить рост энергии до 25 % и средней электронной плотности до 50% (рис.1).

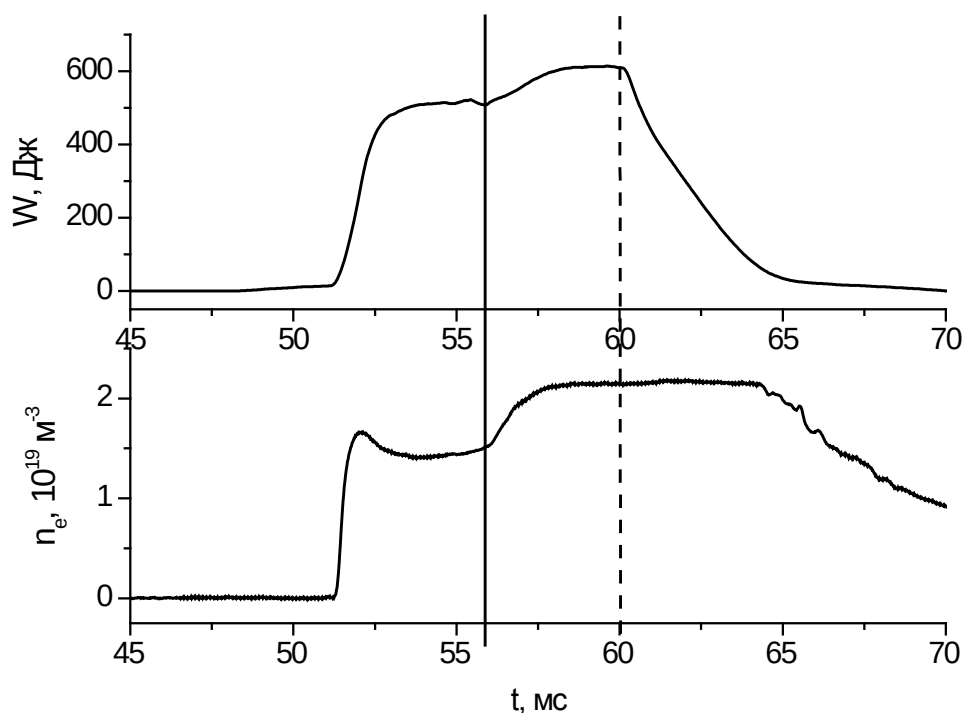


Рис.1 Осциллограммы энергии плазмы W и средней электронной плотности n_e в разряде с L-H переходом. Сплошной вертикальной линией обозначен момент L-H перехода, прерывистой линией – момент выключения ЭЦР-нагрева.

В работе рассматриваются радиальные профили параметров плазмы (электронной температуры, электронной плотности) в различных условиях удержания плазмы, а также изменение характеристик плазменной турбулентности.

Библиографический список

8. S.V. Shchepetov et al, Plasma Phys. Control. Fusion., 2008, V. 50, 045001 (16pp).
9. Батанов Г.М. и др., Тезисы докладов XXXIX Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 2012, С. 25.

УДК: 621.37.029.6

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Ахобадзе Г.Н., д.т.н., ведущий научный сотрудник ИПУ РАН,
доцент МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Если при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом частота падающего излучения ω равна частоте рассеянного излучения ω^* , то такое рассеяние называется рэлеевским, или упругим. Количественной характеристикой рассеяния является дифференциальное сечение рассеяния $d\sigma$, определяемое как отношение потока излучения dJ , рассеянного в малый элемент телесного угла $d\Omega$, к величине J_0 падающего потока: $d\sigma = dJ/J_0$. Полное сечение рассеяния σ есть сумма $d\sigma$ по всем направлениям, т.е. по всем $d\Omega$ (сечение имеет размерность см^2). Характеристикой рэлеевского рассеяния служит индикатриса рассеяния – кривая, отображающая зависимость интенсивности рассеяний волны от угла рассеяния.

Из теории рассеяния известно, что рэлеевское рассеяние мелкими частицами (радиус частицы r много меньше длины волны) можно описать на основе явления дифракции света на диэлектрических частицах. Сечение (и интенсивность) рассеяния в этом случае зависит от r и разности диэлектрических проницаемостей ϵ и ϵ_0 рассеивающего вещества и окружающей среды: $\sigma \sim \lambda^{-4} r^6 (\epsilon - \epsilon_0)^2$. С увеличением радиуса частиц r до $r \sim \lambda$ и более (при условии $\epsilon > 1$) в индикатрисе рассеяния появляются резкие максимумы и минимумы. Вблизи так называемых резонансов Ми (немецкий физик) ($2r = m\lambda$, $m = 1, 2, 3, \dots$) сечения сильно возрастают и становятся равными $6\pi r^2$, рассеяние вперед усиливается, назад ослабевает.

Явление рэлеевского рассеяния мелкими частицами может быть использовано для определения концентрации пылегазового материала (угольная пыль, цемент, известь), транспортируемого по трубопроводу. Необходимость определения концентрации вещества связана с измерением массового расхода двухкомпонентных потоков в трубопроводах.

Из практики известно, что диаметр диэлектрических частиц угольной пыли, цемента и других пылегазовых материалов, имеющих чаще всего сферическую форму, может колебаться от 20 до 200 мкм, т.е. рассеяние та-

кими частицами может быть описано законом Рэлея ($d_{\text{ч}} \ll \lambda_3$, где $d_{\text{ч}}$ – диаметр частицы; λ_3 – длина зондирующей волны).

В рассматриваемом случае с учётом специфики перемещения по трубопроводам пылегазовых материалов и технологии зондирования частицы электромагнитной волной для сечения рассеяния одной частицы можно принимать

$$\sigma_p = \frac{128}{3} \frac{\pi^2 R_p^6}{\lambda_3^4} \left| \frac{\varepsilon_p - 1}{\varepsilon_p + 2} \right|^2,$$

где R_p – радиус частицы; σ_p – сечение рассеяния частицы, ε_p – относительная диэлектрическая проницаемость материала, из которого образована частица.

Предположим, что частица зондируется электромагнитной волной. Тогда для напряжённости электрического поля рассеянной от одной частицы волны E_p можно записать выражение

$$E_p^2 = \frac{128}{3} \frac{\pi^2}{l^2} \frac{R_p^6 E_3^2}{\lambda_3^4} \left| \frac{\varepsilon_n - 1}{\varepsilon_n + 2} \right|^2,$$

где ε_n – диэлектрическая проницаемость пылевидного материала (угольная пыль, цемент, мука); E_3 – напряженность электрического поля зондирующей волны; l – расстояние от места нахождения частицы до приёмного устройства, осуществляющего приём рассеянной волны.

Из формулы видно, что измерением напряжённости E_p можно вычислить радиус контролируемой частицы.

Известно, что концентрацию вещества можно определить подсчётом количества частиц (счетная концентрация, имеющая размерность м^{-3}), проходящих на заданный интервал размеров, и подсчётом массы частиц (массовая концентрация частиц, имеющая размерность г/м^3). При определении относительного объёма, занимаемого частицами, вычисляется объёмная (относительная) концентрация, являющаяся безразмерной величиной.

Приведенные выше рассуждения позволяют констатировать, что при заданном объёме, имея информацию об одной частице, согласно принципу суперпозиции электромагнитных волн, результирующая величина напря-

жённости $E_{pN} = \sum_{i=1}^N E_i$, где E_i – напряжённость электрического поля рассеян-

ной от i -частицы волны должна соответствовать N частицам в данном объёме, т.е. счётной концентрации. С другой стороны, если рассматривать N число частиц в некотором измерительном объёме трубопровода как слой частиц, имеющий форму трубопровода по сечению и определяя сечение

этого слоя частиц по формуле $\frac{\pi R_{\text{сч}}^2}{4}$ (здесь $R_{\text{сч}}$ – радиус слоя частиц), то из-

мерением напряжённости электрического поля рассеянной от слоя частиц электромагнитной волны, при известной плотности материала и скорости

перемещения частиц по трубопроводу, можно вычислить массовый расход. Следует отметить, что пропорциональное изменение напряжённости электрического поля от слоя частиц может быть обеспечено рэлеевским рассеянием.

Практическая реализация процесса измерения концентрации пылевидных материалов в трубопроводах на основе рэлеевского рассеяния предусматривает ввод в трубопровод сигнала микроволнового генератора с частотой и мощностью излучения, например, 34 ГГц и 20 мВт и вывод из трубопровода рассеянного частицами пылевидного компонента сигнала с дальнейшим его преобразованием в амплитудном детекторе.

Для интеллектуализации предлагаемого измерителя концентрации выходной информационный сигнал микроволнового датчика концентрации после прохождения фильтра нижних частот поступает на вход нормирующего усилителя, осуществляющего масштабирование входного сигнала аналого-цифрового преобразователя (АЦП). По завершению процесса преобразования на выходе АЦП формируется цифровой код, соответствующий входному аналогу сигнала. Цифровой код далее поступает на регистр данных, где он будет храниться до завершения следующего преобразования. Из регистра данные передаются в процессор, где происходит их обработка. Для связи с внешними устройствами может быть использован один из интерфейсов связи UART, SPI и I2C. В рассматриваемом случае в качестве вычислительного устройства выбран микроконтроллер с ядром ARM7TDMI.

УДК: 681.78

ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ НАНОСЕКУНДНЫХ СВЧ-ИМПУЛЬСОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

*Долматов Т. В., Букин В. В., к. ф.-м. н., Летунов А. А., к. ф.-м. н.
Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН, Москва, Россия*

Введение

При измерениях параметров излучения мощных экспериментальных СВЧ-генераторов существует две проблемы. Во-первых, любые металлические антенны, волноводы и прочие элементы отражают часть мощности и могут влиять на работу СВЧ-источника с неизвестными на тот момент параметрами. Во-вторых, эти источники СВЧ-импульсов, особенно работающие в широкой полосе частот, имеют неизвестную диаграмму направленности излучения, к тому же меняющуюся в течение импульса наносекунд-

ной длительности. Для измерения спектра излучения удобно передавать часть генерируемой мощности в специальные экранированные помещения. В связи с этим, определенные трудности доставляет использование полых волноводов, имеющих сравнительно узкий частотный диапазон, и коаксиальных кабелей с заметным затуханием на высоких частотах.

Преимущества электрооптических методов при измерении электромагнитных полей признаны уже более 25 лет [1]. Им присущи свойства, такие как минимальное искажение измеряемого поля (благодаря отсутствию проводников в датчике), частотный диапазон от единиц кГц до десятков ГГц, высокая помехозащищенность и гальваническая развязка электроизмерительного оборудования от источников электромагнитного излучения. Эти свойства, в частности, обусловлены использованием оптического носителя сигнала, и являются в высшей степени привлекательными для использования при регистрации СВЧ-импульсов. На данный момент созданы диагностики, позволяющие измерять электрическое поле в заданной точке пространства электрооптическими методами [2,3].

Исследования излучения экспериментальных релятивистских СВЧ-генераторов, в особенности — широкополосных [4], сталкиваются с проблемой измерения распределения напряженности электрического поля по апертуре выходного рупора. Также распределение поля и модовый состав излучения в таких источниках меняется от импульса к импульсу. В связи с этим возникает необходимость создания системы, измеряющей поле в разных точках апертуры одновременно.

В данной работе создана электрооптическая система, основанная на линейном электрооптическом эффекте Поккельса. Эффект Поккельса имеет место в кристаллах без центра инверсии и состоит в наведенном двулучепреломлении (изменении показателей преломления), линейно связанным с напряженностью электрического поля.

Описание экспериментального стенда

Создан стенд (рис. 1), состоящий из лазера, двух поляризаторов, электрооптического кристалла и четвертьволновой пластинки. Линейно поляризованный луч лазера, проходя через кристалл, под действием электрического поля испытывает двулучепреломление. Четвертьволновая пластинка и выходной поляризатор служат для компенсации естественной анизотропии кристалла, позволяя получить на выходе сигнал, линейно модулированный электрическим полем, действующим на кристалл.

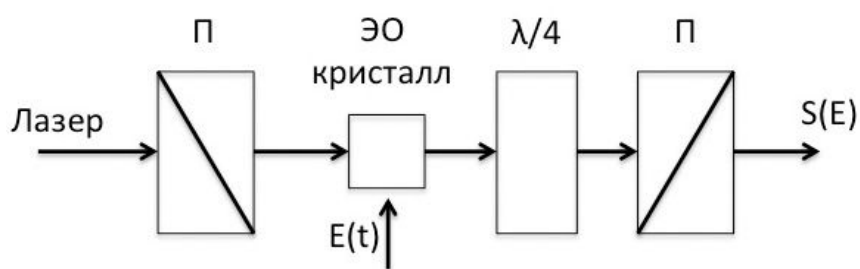


Рис. 1 Схема компоновки электрооптической системы.

Для испытания системы измерений использовался лабораторный магнетрон с частотой 9 ГГц, генерирующий импульсы длительностью 50 нс с пиковой мощностью 80 кВт. Выход магнетрона присоединен к волноводному тракту сечением 23х10 мм. Общий вид источника СВЧ представлен на рис. 2.



Рис. 2 Фотография СВЧ-генератора.

1 – магнетрон в кожухе из композитного материала,
 2 – двойная линия, формирующая импульс напряжения 25 кВ 100 нс на магнетроне,
 3 – разрядник, коммутирующий длинную линию на магнетрон.

Для измерения поля СВЧ-импульса использовался кристалл тантала лития LiTaO_3 5х5х5 мм, вырезанный по оси Y. Кристалл помещался внутрь волновода по центру широкой стенки в области максимума напря-

женности электрического поля. Сквозь отверстие в широкой стенке волновода через кристалл пропусклся луч лазера с длиной волны 1064 нм. Далее с помощью линзы лазерное излучение коллимировалось в оптическое волокно, по которому свет доставлялся к фотодиоду NewFocus 1554-B с максимальной частотой 12 ГГц. Сигнал детектора регистрировался осциллографом Tektronix DPO71604C с полосой регистрируемых частот 16 ГГц. Фотографии кристалла и системы измерений приведены на рис. 3, 4 и 5.

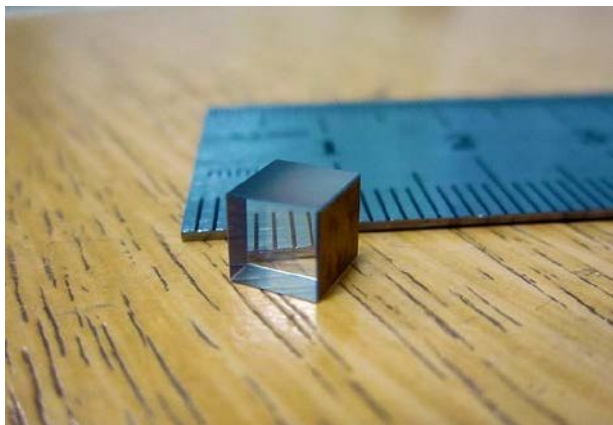


Рис. 3 Кристалл танталата лития 5x5x5 мм, Y-срез

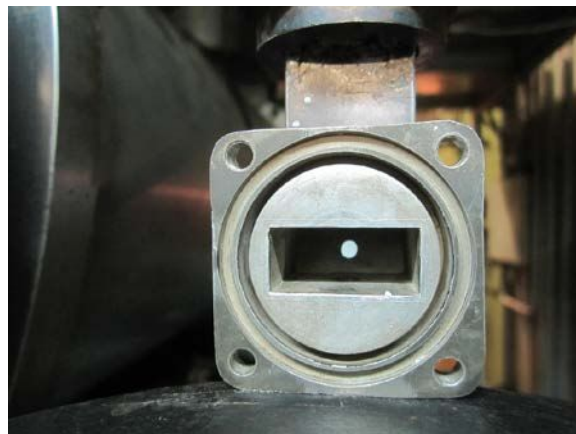


Рис. 4 Открытый фланец волновода, на оси которого устанавливался кристалл LiTaO₃.

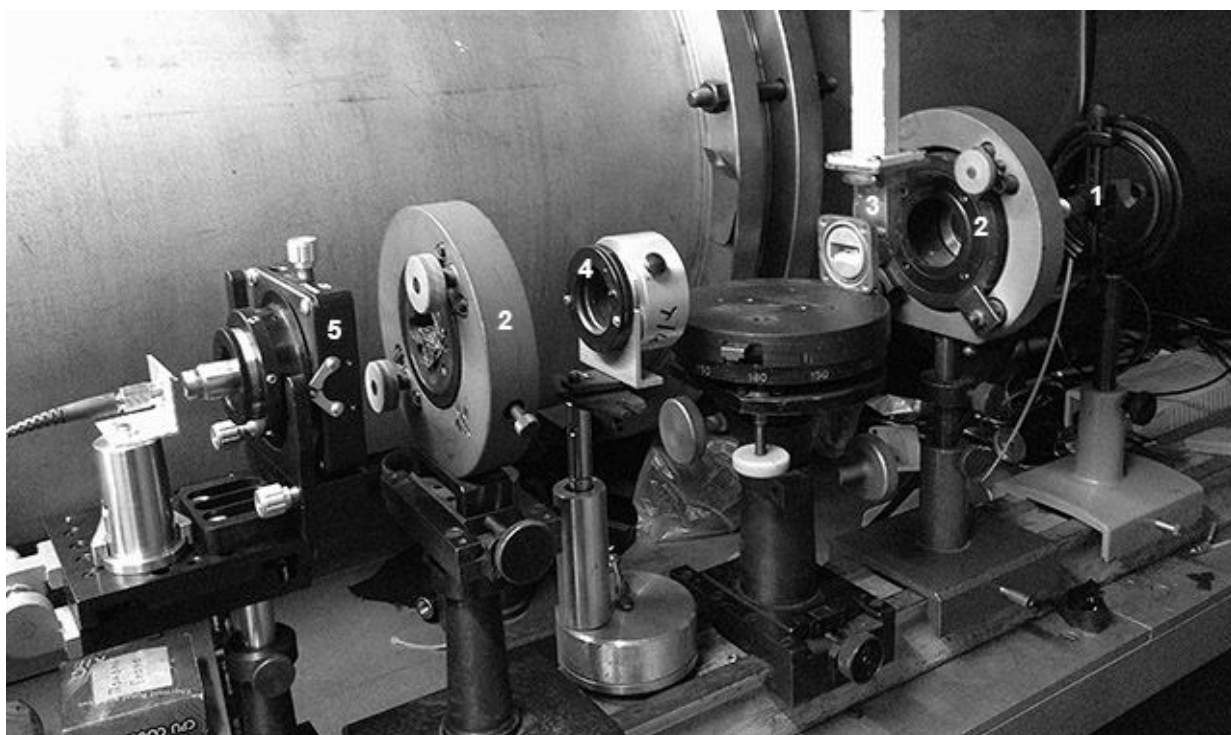


Рис. 5 Фотография измерительного стенда.

- 1 – лазер,
- 2 – поляризаторы,
- 3 – волноводный тракт от магнетрона,
- 4 – четвертьволновая пластинка,
- 5 – микрообъектив для фокусировки светового сигнала в оптоволокно.

Экспериментальные результаты

В результате эксперимента были получены осциллограммы напряженности электрического поля внутри металлического волновода.

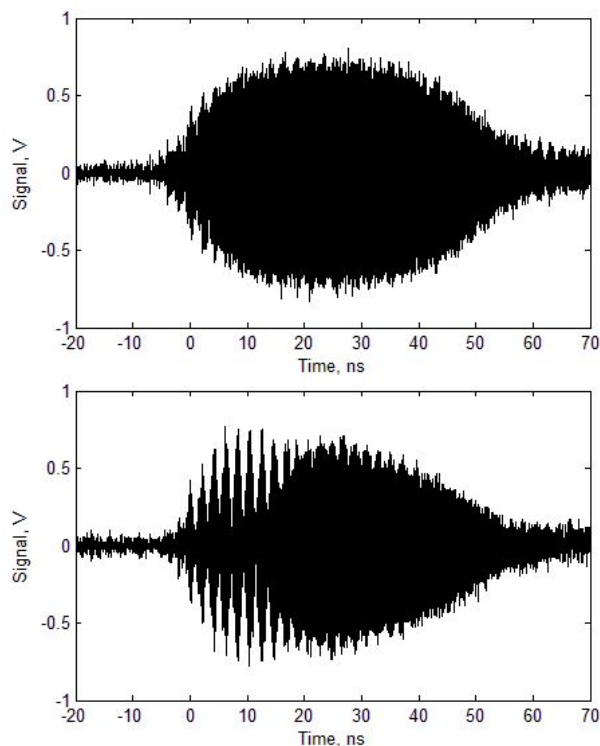


Рис. 6 Осциллограммы электрического поля магнетрона

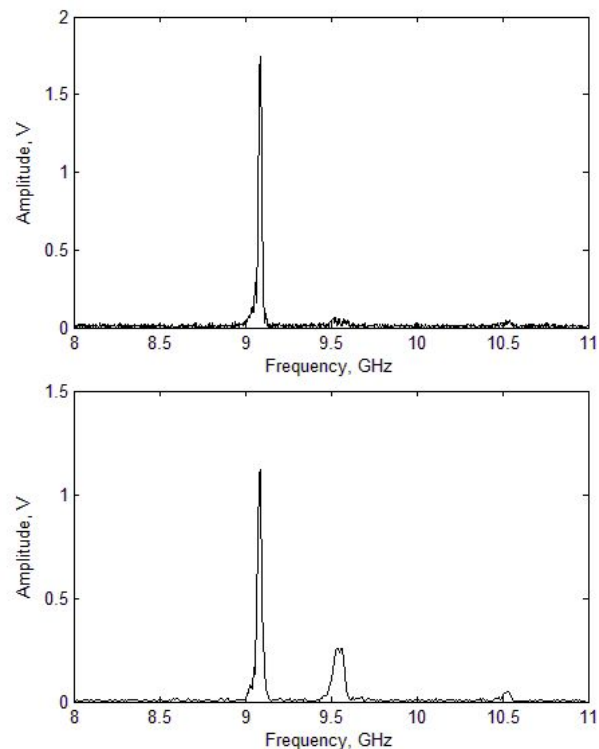


Рис. 7 Спектры полученных сигналов

Рис. 6 (сверху) иллюстрирует нормальный режим работы магнетрона, в спектре присутствует только одна частота (рис. 7, верхний график). На рис. 6 (снизу) продемонстрирован СВЧ-импульс магнетрона при повышенном напряжении. На спектре (рис. 7 снизу) видно появление второй частоты генерации.

Заключение

Создана электрооптическая система для детектирования мощных наносекундных СВЧ-импульсов. Система продемонстрировала работоспособность при регистрации импульсов магнетрона с частотой 9 ГГц. В дальнейшем данная система может использоваться в качестве элемента измерительного комплекса с большим количеством электрооптических кристаллов, необходимого для измерения распределения поля по апертуре экспериментального широкополосного релятивистского СВЧ-генератора субгигаваттной мощности.

Библиографический список

1. Аракелов А.Г., Берозашвили Ю.Н., Геккер И.Р. и др. Абсолютные измерения импульсной СВЧ-мощности с использованием эффекта Покельса на кристалле фосфида галлия //ЖТФ, 1985, т. 55, № 10, с. 2031-2034.
2. M. Bernier, G. Gaborit, L. Duvillaret, et al. "Electric field and temperature measurement using ultra wide bandwidth pigtailed electro-optic probes", Appl. Opt. vol. 47, 2470-2476 (2008).
3. Y. Gaeremynck, G. Gaborit, L. Duvillaret, et al. "Two electric-field components measurement using a 2-port pigtailed electro-optic sensor", Appl. Phys. Lett. vol. 99, 141102--1-3 (2011).
4. I. Bogdankevich, D. Grishin, A. Gunin, et al. "Repetitively Rated Plasma Relativistic Microwave Oscillator with a Controllable Frequency in Every Pulse" // Plasma Physics Reports, Vol. 34, No. 10, 2008, p. 855-859.

УДК: 533.9.082.74

ДИАГНОСТИКИ РАССЕЯНИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ГИРОТРОНА НА ФЛУКТУАЦИЯХ ПЛОТНОСТИ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЛАЗМЕ СТЕЛЛАТОРА Л-2М

***Батанов Г.М., Борзосексов В.Д., Колик Л.В., Малахов Д.В., Петров А.Е.,
Пшеничников А.А., Сарксян К.А., Скворцова Н.Н., Харчев Н.К.,
Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия***

В экспериментах на стеллараторе Л-2М была установлена возможность использования части излучения гиротрона, использующегося для электронно-циклотронного резонансного нагрева (ЭЦРН) плазмы, практически без снижения эффективности самого нагрева, для изучения турбулентности в плазме [1-3]. В настоящее время предполагается, что именно с турбулентностью связаны аномальные значения (значительно выше теоретических значений, рассчитанных только с учетом тепловой диффузии) коэффициентов диффузии в тороидальных магнитных ловушках, что приводит к дополнительным тепловым потерям и ухудшению удержания плазмы. Исследование турбулентности в плазме с помощью коллективного рассеяния электромагнитного излучения на флуктуациях плотности электронов известно уже довольно давно (см. обзор [4]). По интенсивности рассеянного излучения можно судить об амплитуде флуктуаций плотности плазмы, на которых и происходит это рассеяние, а по спектрам об особенностях неустойчивостей, их вызывающих. Явление коллективного рассеяния и было положено в основу диагностик флуктуаций плотности плазмы на стеллараторе Л-2М: диагностики малоуглового рассеяния (МУР) и диагностики обратного рассеяния (ОР), об особенностях которых и пойдет речь ниже.

Из-за наличия радиальной компоненты магнитного поля линейно поляризованное излучение гиротрона при попадании в плазму расщепляется на обыкновенную волну (О-волна), у которой поляризация волны параллельна магнитному полю $\mathbf{B}$ в плазме, и необыкновенную (Х-волна) волну, у которой поляризация волны перпендикулярна магнитному полю $\mathbf{B}$ в плазме. Такой угол для ввода СВЧ излучения в плазму выбран для того, чтобы в расчетной области поглощения (область, где $2\omega_{\text{CE}} = \omega_0$, т.е. удвоенная циклотронная частота вращения электронов в магнитном поле равняется частоте СВЧ излучения) угол между поляризацией Х-волны и магнитным полем в плазме составлял 90° и поглощение СВЧ происходило максимально эффективно ($\sim 99\%$), а также для того, чтобы избежать попадания отраженного от границы плазмы излучения в гиротрон. При выбранном угле ввода мы получаем в плазме 15% мощности излучения гиротрона в виде обыкновенной волны, которая практически не поглощается (по оценкам, коэффициент поглощения не превышает 5%), и 85% в виде необыкновенной волны, 99% которой поглощается. Для диагностики МУР используется О-волна, которая, испытывая рассеяния на длинноволновых флуктуациях плотности плазмы, проходит через весь плазменный шнур и регистрируется вместе с рассеянным излучением через патрубок на внутренней стороне тора, непосредственно за окном которого расположена детекторная секция. Детекторная секция состоит из коллиматора в виде отрезка трубки из оргстекла, внутренняя поверхность которого покрыта поглотителем СВЧ излучения, трех графитовых конусов для дополнительного ослабления излучения, сориентированных вдоль секции, отрезка прямоугольного волновода и детекторной головки Д-407.

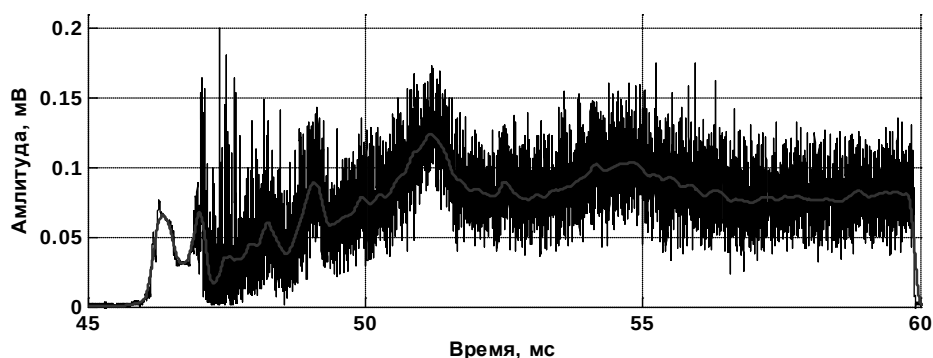


Рис. 2 Характерный вид регистрируемого сигнала малоуглового рассеяния. Усреднение сигнала по быстропеременной составляющей показано серой кривой

Широкая стенка приемного волновода ориентировалась ортогонально магнитной оси стелларатора для детектирования О-волны. Сигнал детектора после предварительного усилителя, расположенного вблизи детекторной секции. Полоса усилителя составляла 5 МГц. Затем сигнал поступал на двухканальную осциллографическую плату с частотой оцифровки до 40 МГц, результат оцифровки сигнала записывался в память персонального компьютера, эти же условия оцифровки сигнала характерны и для диагностики обратного рассеяния.

Диагностика коротковолновых флуктуаций плотности была выполнена с помощью регистрации рассеянного назад (на 180°) пучка излучения гиротрона, осуществлявшего создание и ЭЦР нагрев плазменного шнура. Согласно условию Брэгга рассеяние назад происходит на флуктуациях с волновым вектором $k_s = 2k_0 = 31.4 \text{ см}^{-1}$ (k_0 – волновой вектор падающей волны). Х-волна испытывает рассеяние на своей траектории до области гирорезонанса, т.е. примерно на половине длины центральной хорды. О-волна проходит через весь плазменный шнур, и ее рассеяние происходит на длине в 2 раза большей, чем для Х-волны. Таким образом, информация об энергии и спектрах коротковолновой турбулентности оказывается усредненной по сечению плазмы. Область плазменного шнура, которая исследуется диагностикой обратного рассеяния, практически совпадает с областью исследования диагностики малоуглового рассеяния, но рассеяние происходит на коротковолновых флуктуациях плотности.

Регистрация рассеянного назад излучения проводилась с помощью квазиоптических направленных ответвителей. Делительные слюдяные пластинки с коэффициентом отражения $\sim 3\%$ в каждом ответвителе позволяют одновременно регистрировать сигналы прямой мощности и отраженный или рассеянный назад (на 180°). Приемная часть ответвителя состоит из поглощающей диафрагмы, поглощающего коллиматора и приемного прямоугольного волновода с кристаллическим детектором (Д-407), перед окном которого располагалась металлическая диафрагма. Использование прямоугольного одномодового волновода позволяет регистрировать сигнал с одной компонентой поля: Х-компонентой, параллельной полю в падающей волне, и Y-компонентой, ортогональной полю в падающей волне. Таким образом, при приеме рассеянного сигнала можно было отдельно регистрировать рассеяние Х-и О-волн.

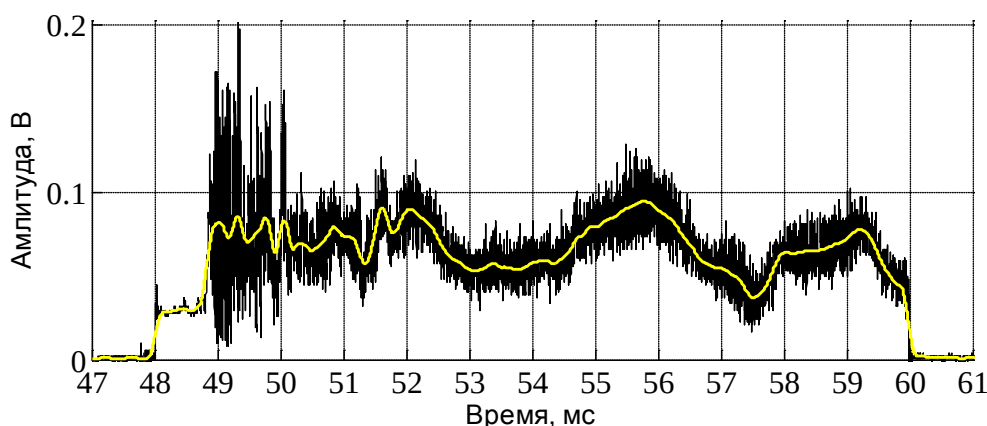


Рис. 3 Характерный вид регистрируемого сигнала обратного рассеяния. Светлой линией показано усреднение по быстропеременной компоненте

При регистрации О-волны использовалась гомодинная схема детектирования. Для этого перед поглощающей диафрагмой прямого сигнала располагалась поляризационная сетка, ответвляющая в канал рассеянного сигнала малую часть (≤ 0.1) излучения, направляемого делительной пластинкой в канал прямой мощности.

Описанные диагностики коллективного рассеяния в плазменных экспериментах на стеллараторе Л-2М продемонстрировали свою работоспособность. Эти диагностики довольно просты в реализации, хотя и требуют хорошего понимания распространения волн в плазме. С их помощью уже получено немало значимых физических результатов касательно турбулентности в плазме Л-2М.

Библиографический список

1. Батанов Г.М., Колик Л.В., Петров А.Е. и др. Физика плазмы, 2003, Т.29, №5. – с. 395-413.
2. Батанов Г.М., Колик Л.В., Петелин М.И. и др. Физика плазмы, 2003, Т.29, №12. – с. 1099-1107.
3. Батанов Г.М., Борзосексов В.Д., Коврижных Л.М. и др. Физика плазмы, 2013, в печати.
4. Жуковский В.Г. – М.: Энергомашиздат, 1993. 272 с.

УДК: 537.86

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК СИГНАЛА ОТКЛИКА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СВЕРХПРОВОДНИКА

*Глухов А.Ю., аспирант, Волгоградский государственный университет,
Россия*

Работы по исследованию электродинамики высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) за последние несколько лет опубликованы как в отечественной, так и зарубежной литературе [1-5]. Исследование электродинамики высокотемпературных сверхпроводников связано с изучением нелинейных электрических и магнитных свойств.

Можно выделить несколько подходов к теоретическому и экспериментальному описанию нелинейных магнитных и электрических свойств ВТСП: изучение и анализ гармоник намагниченности [2, 3], изучение магнитосопротивления [4] и изучение поверхностного импеданса [5]. Несмотря на различие этих подходов у них можно выделить общие черты. Во всех экспериментах создается переменное, постоянное магнитное или электрическое поле (а также их суперпозиция) и регистрируется сигнал отклика ВТСП образца. Из этого следует, что первичными измеряемыми величинами во всех исследованиях являются амплитуды, частоты, сдвиги фаз переменных электрических или магнитных полей. Следовательно, становится актуальной разработка компактного и удобного прибора с применением со-

временной элементной базы, увеличивающей точность, чувствительности и быстродействие измерений.

При использовании современных цифровых и аналоговых систем формирования и обработки сигналов разработана и изготовлена структурная схема аппаратной части устройства, представленная на рисунке 1. Измерительный комплекс имеет четыре составные части:

1. Генераторный модуль ГМ – осуществляет генерацию и задание синусоидального напряжения. Имеет независимый канал связи с ПК через цифровой интерфейс передачи данных USB1. Это позволяет управлять частотой, амплитудой и фазой сигнала непосредственно с ПК при помощи оригинального специализированного программного обеспечения.

2. Датчик Д – в общем случае представляет из себя четырехполосник (с измеряемым образцом) для бесконтактных измерений в переменных электрических/магнитных полях или контактных для измерения динамических вольт-амперных характеристик. В данной конструкции представляет собой дифференциальный датчик с тремя катушками: для задания переменного, постоянного полей и для генерации сигнала отклика.

3. ИТУН – источник тока, управляемый напряжением.

4. Измерительный модуль ИМ – осуществляет предварительное усиление и фильтрацию выходного сигнала датчика. По запуску внешнего прерывания производится синхронная оцифровка сигналов измерительной катушки и сигнала задающей катушки. Модуль имеет независимый канал связи с ПК через порт USB2. Оцифрованные сигналы поступают в ПК, где производится их дальнейший спектральный анализ с помощью оригинального программного обеспечения

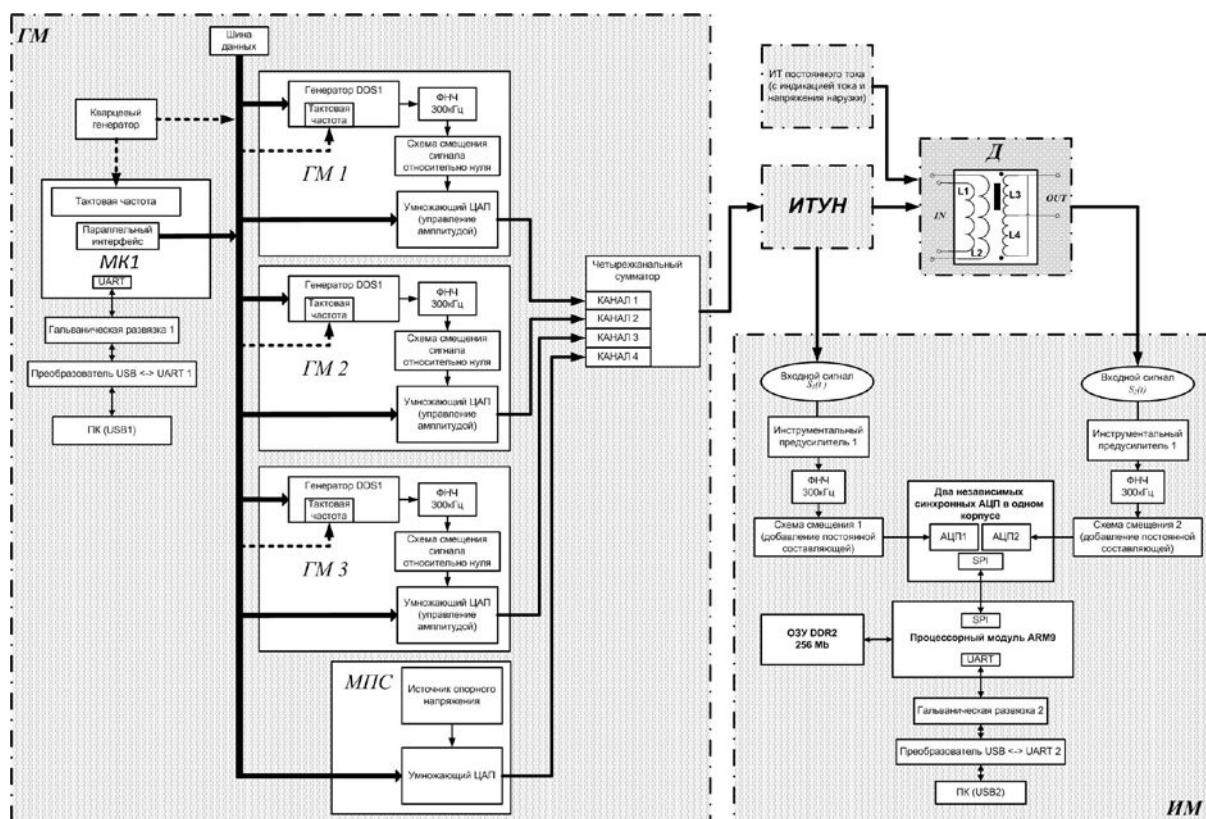


Рис. 1 Структурная схема аппаратной части устройства

Экспериментальная проверка работы аппаратно-программного комплекса проводилась для прямоугольного сигнала (меандра). Результаты сравнения спектрального состава меандра - как теоретического, так и полученного с помощью генераторного модуля показывали, что, погрешность выше 1% возникает только для 15 гармоники, что может быть связано с неидеальностью синтезатора тестируемого сигнала. Уровень четных гармоник не превышает 10^{-4} В, что значительно ниже амплитуд нечетных гармоник меандра.

Калибровочные характеристики изготовленного устройства представлены в табл. 1.

Параметр	Значение
Диапазон задания переменных магнитных полей	1 – 50 Ое
Частотный диапазон	1 – 50 кГц с шагом 1 Гц
Точность задания частоты	0.0291 Гц
Количество синхронных каналов АЦП	2
Регулируемый коэффициент усиления	да
Максимальная частота дискретизации	до 1 MSMP
Рабочая частота дискретизации	до 600 KSMP
Объем выборки данных на канал	256 MB (до 89 478 485 12 битных отсчетов)
Сопряжение с ПК	Два интерфейса USB с гальванической развязкой
Специализированное программное обеспечение для работы с измерителем	да
Погрешность измерений напряженностей магнитного и электрического поля	не более 1%
Погрешность в определении фазы	не более 0.5%

Табл. 1 Технические характеристики

Образцы высокотемпературной керамики $YBa_2Cu_3O_{6.89}$ были получены с помощью метода двухстадийного твердофазного синтеза [6].

С помощью разработанного и реализованного ранее аппаратно-программного комплекса по автоматизации процесса изготовления высокотемпературных сверхпроводников [7] были получены 10 цилиндрических образцов длиной 30 мм и диаметром 12 мм. Синтезированные сверхпроводники обнаруживали эффект Мейсснера-Оксенфельда.

В основу проведения эксперимента по исследованию высших гармоник сигнала отклика положен четырехзахжимный взаимодукционный метод [8].

Исходя из свойств аппаратной и программной частей устройства, позволяющей синхронно оцифровывать задающий гармонический сигнал пе-

ременного внешнего магнитного поля $h(t)$, в отсутствии постоянного, и сигнал отклика $U(t)$ сверхпроводящего образца, проведен цикл измерений. Для каждого из 16 значений частот в диапазоне от 288 Гц до 1368 Гц с шагом в 72 Гц менялась амплитуда приложенного переменного магнитного поля h_m в диапазоне от 5 до 30 Ое с шагом в 2.5 Ое. Каждое из измерений состоит из $8 \cdot 10^3$ отсчетов задающего внешнего магнитное поле сигнала и 8000 отсчетов сигнала отклика с частотой дискретизации $600 \cdot 10^3$ отсчетов в секунду. Шаг по частоте выбирался таким образом, чтобы исключить влияние помехи промышленной частоты 50 Гц.

Зависимости амплитуд нечетных гармоник U_n при $n \geq 3$ от амплитуды переменного магнитного поля h_m для фиксированной частоты $f = 1368$ Гц представлены на рисунке 2. Из-за большого количества гармоник, на рисунке представлены только первая 21 гармоника. Поведение гармоник с номерами $n \geq 3$ имеет общую тенденцию увеличения. Причем, 7 и 9, 11 и 13, 15 и 17, 19 и 21 гармоники располагаются в непосредственной близости друг от друга. Третья гармоника при h_m порядка 24 Ое выходит на максимум и затем начинает уменьшаться. Пятая гармоника в полях меньших 14 Ое оказывается меньшей соответствующих значений третьей гармоники. В поле порядка 15 Ое значения третьей и пятой гармоники равны. При дальнейшем увеличении поля, амплитуда пятой гармоники оказывается больше третьей. Данные результаты хорошо согласуются с работами [2, 3].

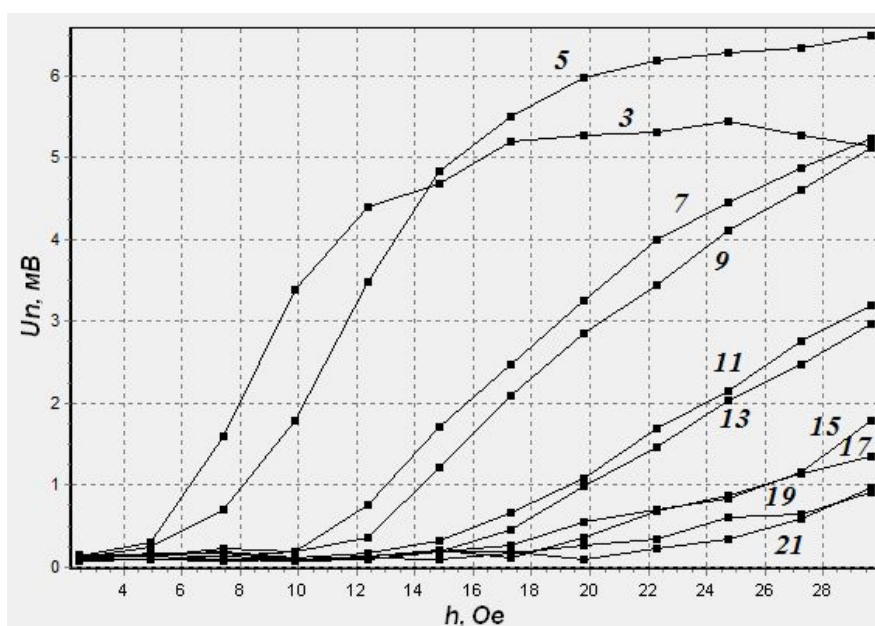


Рис. 2 Зависимость амплитуд нечетных гармоник, начиная с третьей, сигнала отклика U_n от амплитуды внешнего магнитного поля h_m на частоте 1368 Гц

Изготовленное устройство обладает существенными преимуществами по сравнению с аналогичными системами [2, 3], как со стороны автоматизации измерений, так и со стороны технических характеристик (широкий диапазон задания амплитуд и частот переменных магнитных полей, частот-

ный диапазон, точность задания частоты, синхронная оцифровка двух сигналов, сопряжение с компьютером и др.). На программную часть комплекса получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ [9, 10].

Библиографический список

1. Enaki N., Colun S. // J Physics, 2012, v. 338, № 1, p.012006.
2. Кузьмичев Н.Д., Федченко А.А. // ЖТФ. 2012. Т. 82. Вып. 5. С. 52–56.
3. Славкин В.В., Тищенко Э.А. // ЖТФ. 2012. Т. 82. Вып. 10. С. 117–123.
5. Сухарева Т.В., Финкель В.А. // ЖТФ. 2011. Т. 53. Вып. 5. С. 858–864.
6. Игнатьев В.К., Негинский И.В. // ФНТ. 2000. Т. 26. . Вып. 4. С. 340–349.
7. Глухов А.Ю., Черныш А.В. // Решение о выдаче патента на полезную модель, Заявка № 20121333392/08(053095), 03.08.2012
8. Ю.А. Полонский, С.А. Суворов, Н.Ю. Егоров // Материалы Всероссийского электротехнического конгресса, Москва. М.: МЭИ, 2005.-С. 186-188.
9. Левшина Е. С., Новицкий П. В. Электрические измерения физических величин. — Л.: Энергоатомиздат, 1983. — 320 с.
10. Глухов А.Ю., Арзуманян Г.А., Квочкин А.И. //Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012614991, 2012.
11. Глухов А.Ю., Арзуманян Г.А. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012618758, 2012.

УДК: 537.868

ИМПУЛЬСНЫЙ ГЕНЕРАТОР БЕЗ КЛЮЧЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАК ИСТОЧНИК НАКАЧКИ ГАЗОВОГО ЛАЗЕРА

Каганов В.И, д.т.н., профессор, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Антонов А.В., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Постановка задачи

В большинстве газовых и на парах металлов лазерах источником накачки является электрический разряд [1]. При этом высоковольтный импульсный генератор в таком источнике должен обеспечивать двойной разряд, первый из которых формирует плазму, а второй — накачку газовой среды [2]. Длительность излучаемого импульса газового лазера обычно лежит в пределах 15-50 нс, а мощность достигает 10 МВт. При этом сам импульсный источник накачки лазера обычно имеет такие параметры: пиковое значение напряжения — до 80 кВ, ток разряда — до 30 кА, пиковая мощность — до 240 МВт [2].

Типовая схема импульсного генератора накачки содержит накопитель электрической энергии емкостного или индуктивного типа и ключи, рассчитанные на коммутацию токов значительной величины - до десятков килоампер. В подобных установках генерация импульсов осуществляется путем относительно длительного времени накопления электрической энергии и ее быстрого разряда посредством коммутации электрической цепи.

Вместе с тем, как следует из рассмотрения разложения в ряд Фурье периодической функции, формировать периодическую последовательность импульсов можно и без коммутации цепи, т.е без электронного ключа, а путем синтеза непрерывных колебаний при соблюдении определенных соотношений между их параметрами [3]. Остановимся более подробно на данном методе, приведя сначала известные соотношения по разложению в ряд Фурье периодического сигнала, а затем по обратной процедуре – синтезу такого периодического сигнала из непрерывных колебаний синусоидальной формы. Определим энергетические показатели при таком преобразовании энергии непрерывных высокочастотных колебаний в энергию импульсов.

Формирование периодической последовательности импульсов с помощью генераторов непрерывных колебаний.

Периодическую последовательность прямоугольных импульсов можно определить с помощью функции:

$$\Phi(t) = 0.5U_0 \left[\text{sign} \left[\cos \left(2\pi \frac{t}{T} \right) - \cos \left(\pi \frac{t}{\tau} \right) \right] + 1 \right] \quad (1)$$

где T – период следования импульсов, τ - длительность импульса, U_0 – амплитуда импульса.

Разложим в ряд Фурье функцию (1) и приведем известные соотношения, необходимые для дальнейшего анализа [3]. Коэффициенты ряда Фурье:

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T \Phi(t) dt, \quad A_n = \frac{2}{T} \int_0^T \Phi(t) \cos \left(2\pi n \frac{t}{T} \right) dt \quad (2)$$

Синтезируем сигнал, суммируя N гармоник исходного колебания $\Phi(t)$:

$$S(t) = \sum_{n=1}^N A_n \cos \left(2\pi n \frac{t}{T} \right) \quad (3)$$

Приведем необходимые энергетические показатели при рассматриваемом методе синтеза импульсного сигнала.

Средняя мощность сигнала $\Phi(t)$ за период T :

$$P_T = \frac{1}{T} \int_0^T [\Phi(t)]^2 dt / R \quad (4)$$

где $R = U_{\text{пик}}/I_0$, $U_{\text{пик}}$ - пиковое значение напряжения импульса, I_0 - ток импульса.

Мощность одного импульса сигнала $\Phi(t)$ длительностью τ :

$$P_{\tau} = \frac{1}{\tau} \int_{-0.5\tau}^{0.5\tau} [\Phi(t)]^2 dt / R \quad (5)$$

Мощность сигнала $S(t)$ за период T , как сумма мощностей N генераторов синусоидальных колебаний:

$$P_G = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N (A_k)^2 / R \quad (6)$$

Мощность одного импульса длительностью τ синтезированного сигнала $S(t)$:

$$P_I = \frac{1}{\tau} \int_{-0.5\tau}^{0.5\tau} [S(t)]^2 dt / R \quad (7)$$

Импульсный генератор на основе генераторов непрерывного типа.

Рассмотрим, как можно построить импульсный генератор путем синтеза непрерывных колебаний согласно изложенному принципу. В качестве исходных данных примем параметры источника накачки, приведенного в [2]: длительность формируемого импульса $\tau=30$ нС, период их повторения $T=1$ мКс, пиковое значение напряжения $=80$ кВ, ток разряда 30 кА, импульсная мощность 240 МВт.

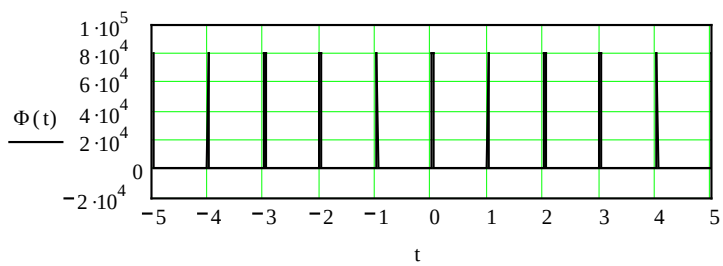
Для исходного сигнала $\Phi(t)$, приведенного на рис.1,а, график синтезированного сигнала $S(t)$ (функция (3)) при числе суммируемых синусоидальных гармоник $N=20, 10$ и 5 построен соответственно на рис.1,б, в, г, где t - время м мкс.

Результаты расчета амплитуды синусоидальных колебаний U_n согласно (2) и мощности n -го генератора построены на рис.2,а,б. Мощности колебаний, рассчитанные согласно (4) – (7), при числе учитываемых гармоник $N=5, 10$ и 20 , приведены в табл.1,

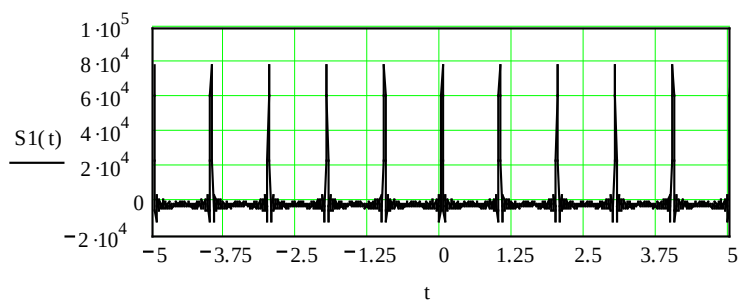
Таким образом, согласно рис.1 и данных табл.1 с помощью N непрерывных сигналов, связанных между собой определенными соотношениями, полученными при разложении в ряд Фурье периодической последовательности импульсов, можно синтезировать короткие импульсы с импульсной мощностью P_I , во много раз превышающую суммарную мощность непрерывных колебаний P_G .

Число гармоник	P_T	P_{τ}	P_G	P_I	P_I/P_G	$U_{\text{пик}}$	$U_{\text{пик}}/U_0$
	МВт	МВт	МВт	МВт		кВ	
5	72	2400	23	202	10	23,5	0,294
10	72	2400	41	692	18	45	0,562
20	72	2400	61	1642	28	78	0,975

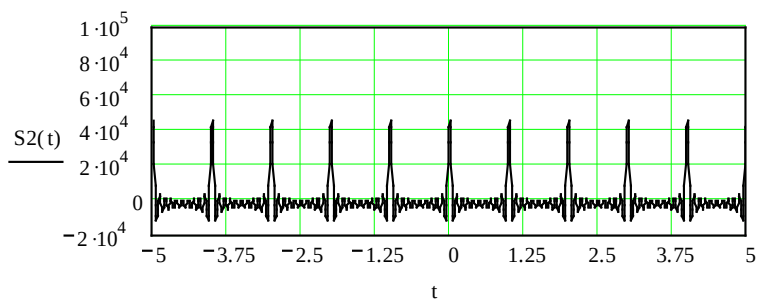
Таблица 1



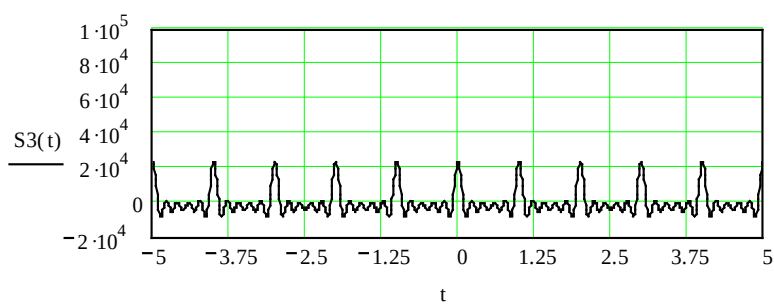
à)



á)

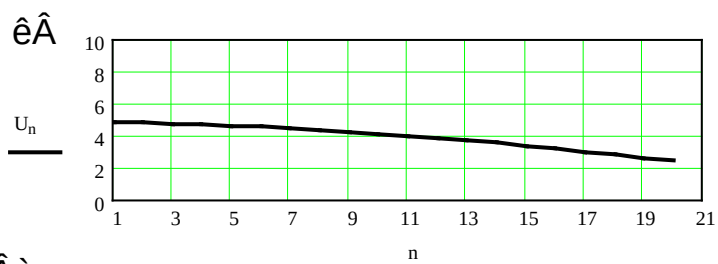


â)



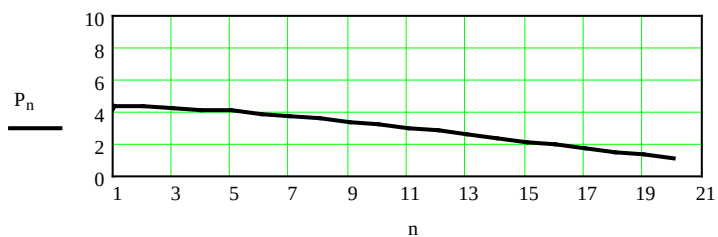
ã)

Puc. 1



à)

îÂð



á)

Puc. 2

Поскольку, однако, число суммируемых сигналов ограничено (параметр N), то пиковое значение синтезированного сигнала и импульсная мощность меньше соответствующих параметров исходного сигнала. В рассмотренном примере при $N=20$ пиковая мощность равна 1642 МВт вместо 2400 МВт, а пиковое значение напряжения меньше в 0,975 раза. При $N=5$ и 10 согласно табл.1 получаются еще большее различие между этими параметрами. Для получения большего значения импульсной мощности и пикового напряжения следует в K раз повысить амплитуды всех гармоник, значения которых приведены на рис.2. При этом чем меньше значение N , тем выше коэффициент $K = U_0 / U_{\text{пик}}$.

Возможная структура импульсного генератора по реализации предложенного способа формирования периодической последовательности мощных импульсов для накачки газового лазера приведена на рис.3, где Γ_n есть генераторы с частотой $f_n = n f_1 = n / T$, n - целое число от 1 до N . Входящий в структуру синтезатор служит для формирования стабильной сетки частот f_n , а синхронизатор - для точной синхронизации фаз суммируемых сигналов генераторов. Последовательно с каждым генератором включен полосно-пропускающий фильтр Φ_n , настроенный на ту же частоту f_n . В рассмотренном примере при $T=1$ мкс частоты генераторов равны: $f_1=1$ МГц, $f_2=2$ МГц, $f_3=3$ МГц, $f_4=4$ МГц, ..., $f_{10}=10$ МГц.

Фильтры необходимы для исключения взаимного влияния генераторов друг на друга. В простом случае такой фильтр представляет собой контур последовательного типа. Сигналы от всех генераторов подводятся к общей нагрузке.

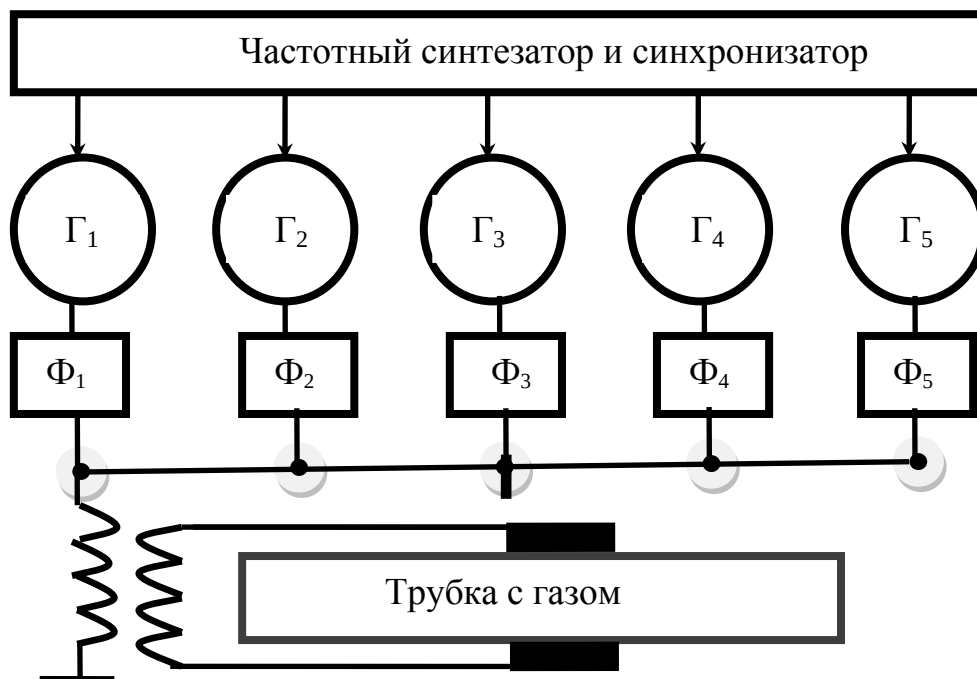


Рис. 3

Заключение

Проведенное компьютерное моделирование подтверждает теоретические основы способа синтеза периодической последовательности импульсов путем суммирования непрерывных высокочастотных колебаний. Такой метод позволяет избавиться от коммутирующих элементов, что особенно важно при формировании мощных импульсов. При ограниченном числе суммируемых колебаний форма импульсов близка к экспоненциальной форме. Следует учитывать снижение импульсной мощности и пикового значения напряжения в зависимости от числа N суммируемых сигналов.

Библиографический список

1. Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. – М.: Мир, 1980.
2. Бычков Ю.И. и др., лазер с накачкой двойным разрядом от генератора с импульсным накопителем. Известия Томского политехнического института, 2008, т.32, №2. - с. 111-114.
3. Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: ФОРУМ-ИНФРА, 013.

УДК: 533.915; 621.396.67

ОПТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЧ РАЗРЯДА В ГАЗЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАЗМЕННОЙ АНТЕННЫ

Коновалов В.Н.¹, Кузьмин Г.П.², Минаев И.М.²

¹МГТУ МИРЭА Москва, Россия

²Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

Для эффективного управления параметрами плазменной антенной необходимо знать характеристики самой плазмы. С целью получения особенностей (или структуры) закономерностей распределения концентрации плазмы в несимметричной вибраторной антенне [1-4] на экспериментальном стенде (рис. 1) проводились измерения оптического излучения плазмы в диэлектрической трубке. Возбуждение плазмы осуществлялось излучением высокочастотного передатчика в диапазонах частот 433 МГц и 145 МГц. В качестве газоразрядной среды использовался газ аргон с давлением 1..10 торр. Максимальная мощность генератора 20 Вт.

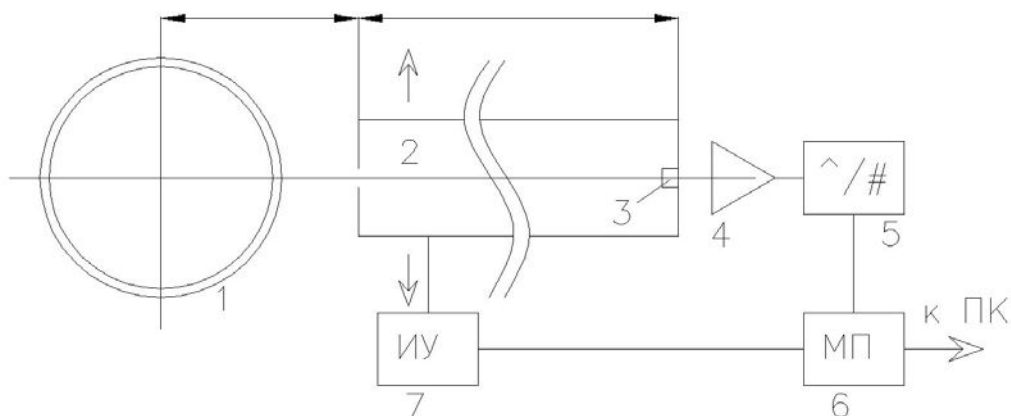


Рис. 1. Структурная схема установки измерения поперечного распределения светимости, где 1 – кварцевая колба (трубка) (D 30мм) с аргоновой плазмой, 2 – труба выделения направленного излучения, 3 – фотодатчик (фототранзистор), 4 – усилитель постоянного тока, 5 – аналого-цифровой преобразователь, 6 – микроконтроллер, 7 – устройство перемещения трубы выделения направленного излучения.

Выбор оптического метода диагностики плазмы обусловлен требованием отсутствия посторонних проводящих элементов в ближней зоне антенны. Внесение в ближнюю зону антенны посторонних проводящих предметов (зондов и п.р.) искажает как саму зону, так и токи, протекающие в элементах антенны. Применение же СВЧ методов диагностики плазмы не позволяет получить локальное распределение плотности плазмы (радиальное распределение плазмы).

Для измерения поперечного распределения светимости использовалась схема, представленная на рис. 1. Принцип работы установки основан на выделении направленного потока света от колбы с плазменным столбом (газоразрядной трубки), через диэлектрическую, с затемненными внутренними стенками трубу 2, (длиной 475 мм). С одного торца этой трубы сделано отверстие (радиусом 0,75 мм), а на противоположном установлен фототранзистор 3 (радиус окна 1 мм). Расстояние от кварцевой колбы (газоразрядной трубки) до трубы 2 выбирался минимальным (25 мм). Ток фототранзистора, усиленный с помощью усилителя постоянного тока 4, преобразуется в АЦП 5. Поперечное перемещение трубы 2 вдоль плазменного столба осуществляется электроприводом – исполнительным устройством 7 (шаговый двигатель, с шагом 0,0857 мм). Управление, сбор данных от АЦП и передача результатов измерений компьютеру осуществляется микроконтроллером 6.

Таким образом, мы измеряем интегральную светимость плазмы поперек газоразрядной трубки.

Для получения оценки распределения носителей заряда (электронов) плазмы надо выполнить перерасчет для вычисления светимости элементарного объема. Для этого весь объем трубы разбивается по радиусу на большое количество частей, где X_i – промежуточный радиус. При этом области, образующиеся между радиусами можно считать с примерно равной

концентрацией электронов и равной светимостью элементарного объёма A_i (см. рис. 2). Распределение концентрации электронов симметрично относительно центра трубы, при этом концентрация у стенок принимается равной нулю [5].

Вычисление светимости элементарного объёма осуществляется последовательным вычитанием слоёв от края трубы.

В слое у края трубы светимость элементарного объёма может быть найдена из формулы

$$A_N = \frac{I_N}{2\sqrt{R^2 - X_{N-1}^2}}; \quad (1)$$

где A_n – светимость элементарного объёма, R – радиус трубы, I_N – поперечная светимость слоя, X – промежуточный радиус.

Светимость в последующих слоях находится аналогичным образом, принимая $R = X_n$, и вычитая составляющие предыдущих слоёв.

$$A_n = \frac{I_n - I_p}{2\sqrt{X_{n+1}^2 - X_n^2}}; \quad (2).$$

где n – номер слоя, I_n – общая светимость всех слоёв, полученная из поперечного распределения, I_p – светимость, вносимая предыдущими слоями, равная

$$I_p = \sum_{i=n+1}^{i=N-1} (A_i \sqrt{(i+1)^2 - n^2} - \sqrt{i^2 - n^2}); \quad (3)$$

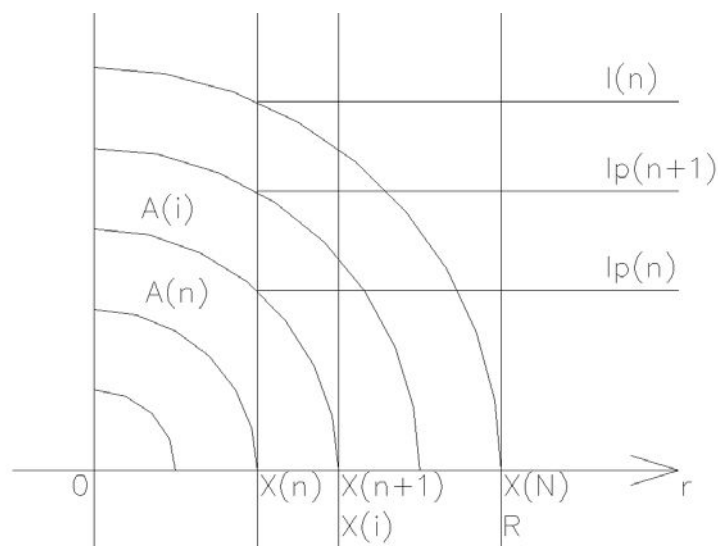


Рис. 2. Разделение трубы по областям с равными концентрациями электронов, где $R = X_N$ – радиус трубы, A_i , A_n – предыдущий и следующий объёмы с равной концентрацией

На рис. 3, 4 представлены радиальные распределения светимости элементарных объемов плазменного столба при различных частотах. Данные графики характеризуют радиальное распределение концентрации носителей заряда (электронов) в плазме ВЧ разряда плазменной антенны.

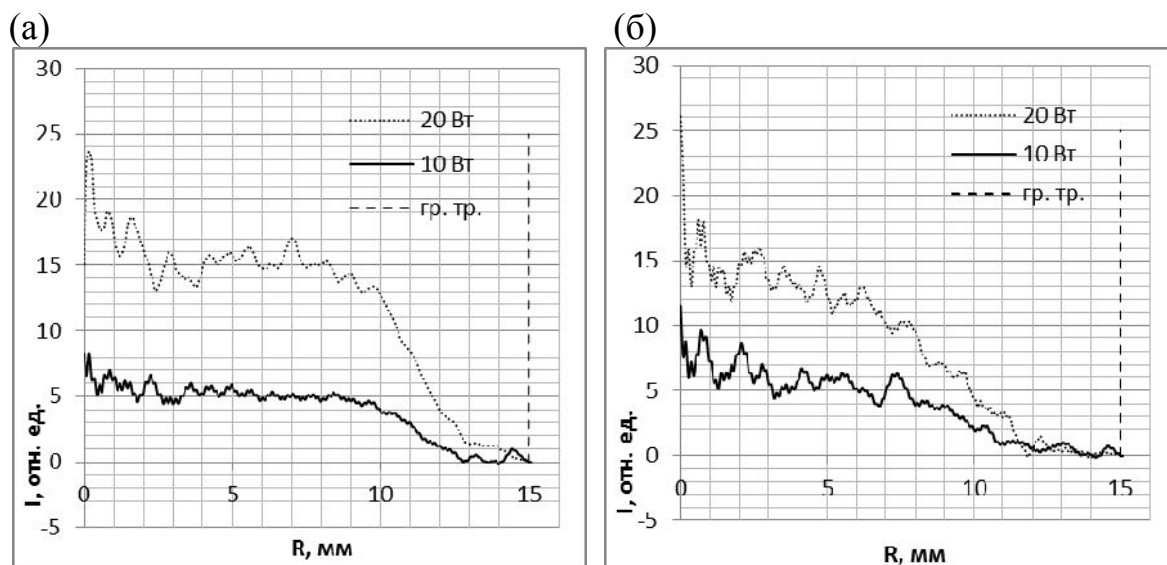


Рис. 3. Радиальное распределение светимости, при частоте генератора (а) 433 МГц (б) 145 МГц

Из анализа полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

1. форма (без учёта постоянного коэффициента) радиального распределения светимости меняется от частоты генератора и не зависит от подводимой мощности ВЧ колебаний, при неизменных параметрах газа (давления, состава);

2. при увеличении частоты ВЧ колебаний, форма поперечного распределения светимости плазменного столба стремится к равномерному распределению, при этом увеличивается крутизна фронтов на нарастающем участке радиального распределения светимости возле стенок трубки.

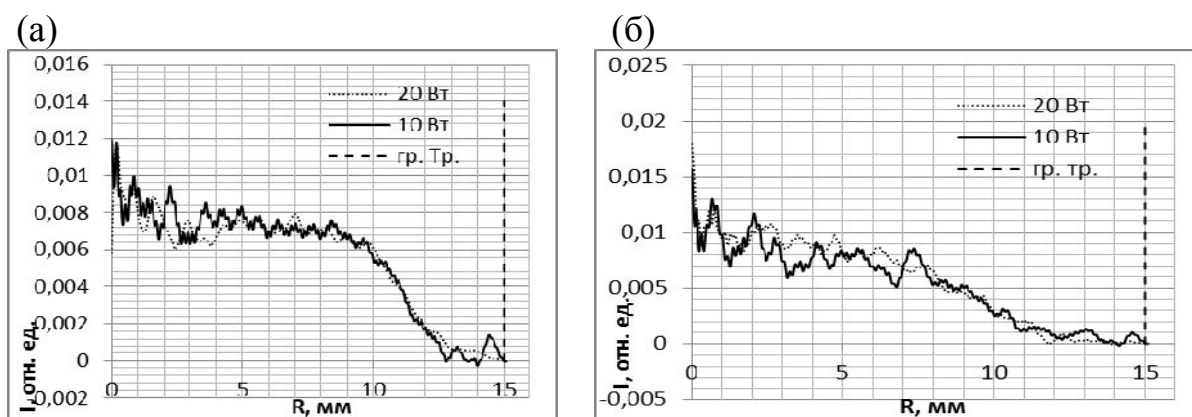


Рис. 4. Радиальное распределение, полученные от нормированных распределения светимости, при частоте генератора (а) 433 МГц (б) 145 МГц

Данные исследования позволяет нам понять лучше физику процессов протекающих в плазме, возбуждаемой колебаниями ВЧ генератора. А также определить оптимальные параметры элементов антенны и методов согласования с радио приёмно-преддающими устройствами.

Библиографический список

1. Четвертьволновая вибраторная плазменная приемная антенна / Н.Г. Гусейн-заде, И.М. Минаев, К.З. Рухадзе // XXXVII Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС. – 2010. – С. 305.
2. Плазменная приёмная вибраторная антенна / Н.Г. Гусейн-заде, И.М. Минаев, К.З. Рухадзе // Краткие сообщения по физике ФИАН. -2010, №2. С.45-48.
3. Приёмная плазменная вибраторная антенна / Н.Г. Гусейн-заде, И.М. Минаев, К.З. Рухадзе, В.К. Битюков // Материалы международной научно-практической конференции ИНФО. –МИЭМ. – 2010. – С. 435.
4. Плазменный несимметричный вибратор с возбуждением поверхностной волной. Е. Н. Истомин, Д. М. Карфидов, И. М. Минаев, А. А. Рухадзе, В. П. Тараканов, К. Ф. Сергейчев, А. Ю. Трефилов. Институт общей физики имени А.М.Прохорова РАН
5. А.М. Ефремов, В.И. Светцов, В.В. Рыбкин Вакуумно-плазменные процессы и технологии. Учебное пособие. Иваново 2006. – С. 42

УДК: 537.523.4

ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ РАБОТУ ПЛАЗМЕННОГО АКТУАТОРА

*Моряков И.В., студент, МГТУ МИРЭА, Бережецкая Н.К., к.ф.-м.н.,
ИОФ РАН, Тактакишвили М.И., к.ф.-м.н., ИОФ РАН, Черноусов А.Д.,
аспирант, ИОФ РАН., Москва, Россия*

Плазменный актуатор - устройство состоящее из последовательности разрядных межэлектродных промежутков на внешней поверхности плоской или коаксиальной линии (рисунок 1). Все электроды, кроме двух граничных (первого и последнего) находятся под «плавающим» потенциалом.

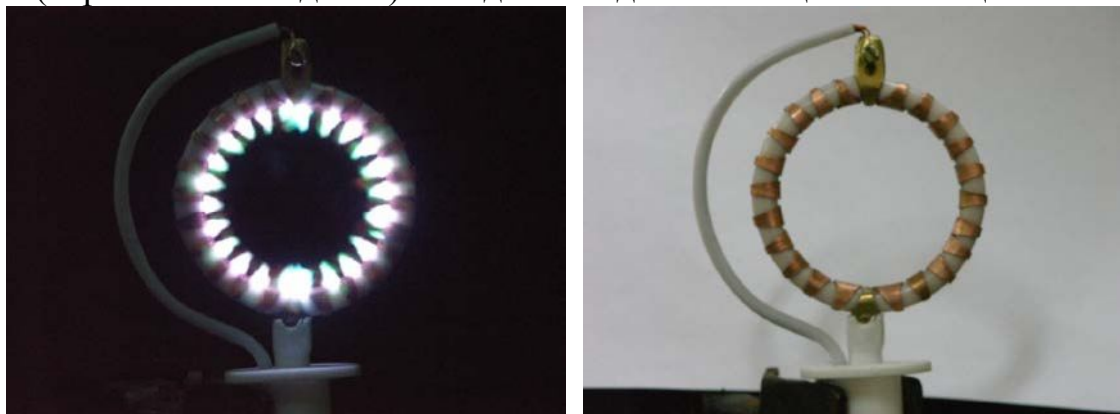


Рис. 1 Плазменный актуатор

Принцип воздействия разрядника заключается в следующем. Процесс развития разряда проходит две стадии. На первой стадии формируется волна низкогопорогового пробоя. Эта волна распространяется от высоковольтного электрода (обозначенного E_1 на рисунке 2.) к заземлённому электроду (обозначенного E_n на рисунке 2.) вдоль диэлектрической поверхности, на которой располагается последовательность «плавающих» электродов. При этом напряжение достигает максимального значения, а ток минимален. На этой стадии межэлектродные промежутки заполняются плазмой, которая в основном состоит из материала диэлектрической подложки. На второй стадии в межэлектродных промежутках разряд переходит в дуговую форму, что сопровождается ростом разрядного тока, напряжение же при этом стремительно уменьшается. Тем самым оказывается возможным организовать пробой при сравнительно низком напряжении (10-20 кВ) длиной последовательности разрядных промежутков, для пробоя которых при обычных условиях потребовалось бы напряжение порядка 100-200 кВ. Ток через разрядник достигает 0,1 – 10 кА что вызывает быстрый локальный разогрев вещества в межэлектродных промежутках. Под действием газодинамических и электродинамических (взаимодействие токов в разрядных промежутках и в обратном токопроводе) плотная плазма расширяется, разгоняя окружающий газ. Скорость расширения определяется энерговкладом на дуговой стадии и может значительно превышать звуковую, приводя к образованию сходящихся ударных волн (УВ).

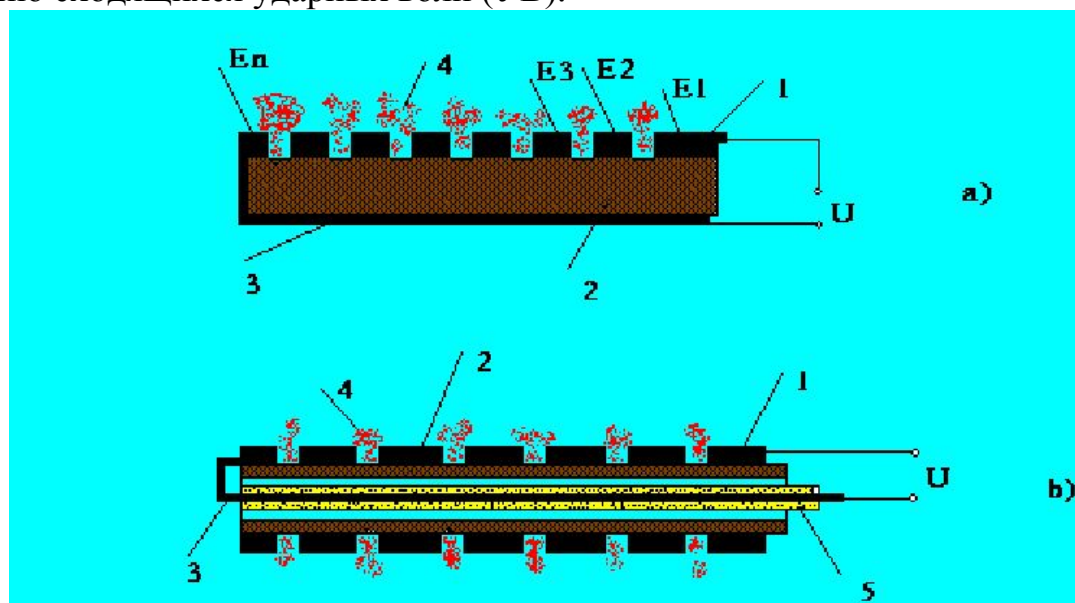


Рис. 2 Схема плоского (а) и коаксиального (б) многоэлектродных разрядников. 1 – металлические электроды; 2 – диэлектрическая основа; 3 – обратный токопровод; 4 – разрядная плазма

Сходящиеся ударные волны являются одними из наиболее известных примеров кумулятивных течений и связаны с важными техническими приложениями и научными проблемами. В частности, большой интерес они

представляют для физики плазмы, как способ получения высоких температур[1].

Наиболее интересным результатом многочисленных исследований в этой области является тот факт, что схождение осесимметричных УВ – сферических, цилиндрических, кольцевых, конических сопровождаются ростом интенсивности УВ, при приближении к оси симметрии. Известно, что сферическая сходящаяся УВ характеризуется наиболее сильным законом кумуляции. УВ, образованная импульсным кольцевым разрядом в газе, ускоряется и усиливается при движении к центру[2].

Также возможно реализовать квазисферическую УВ при отражении кольцевой (тороидальной) волны от твёрдой поверхности[3]. В предлагаемой работе показана возможность генерации сферической кумулирующей УВ в свободном пространстве в газе. Для получения УВ используется плазменный актуатор, подключённый к системе импульсного питания ($C = 3 \text{ мкФ}$, $U \geq 20 \text{ кВ}$). Схема эксперимента приведена на рисунке 3. Каждая из сходящихся кольцевых волн, отражаясь нерегулярным образом от оси симметрии, порождает Маховскую волну, движущуюся вдоль оси симметрии. В эксперименте используется кольцевой разрядник диаметром 5 см с 22-мя разрядными промежутками. Проводились измерения амплитуды и времени прихода ударных волн на пьезодатчик на различных расстояниях от кольца L . В качестве датчика ударных волн используется американский калиброванный пьезодатчик 132A32: 1 вольт соответствует давлению 0,5 атмосферы. Измерения проводились при напряжении на кольцевом разряднике 20кВ. При таком напряжении в разряд вкладывается энергия 51,7 джоуля.

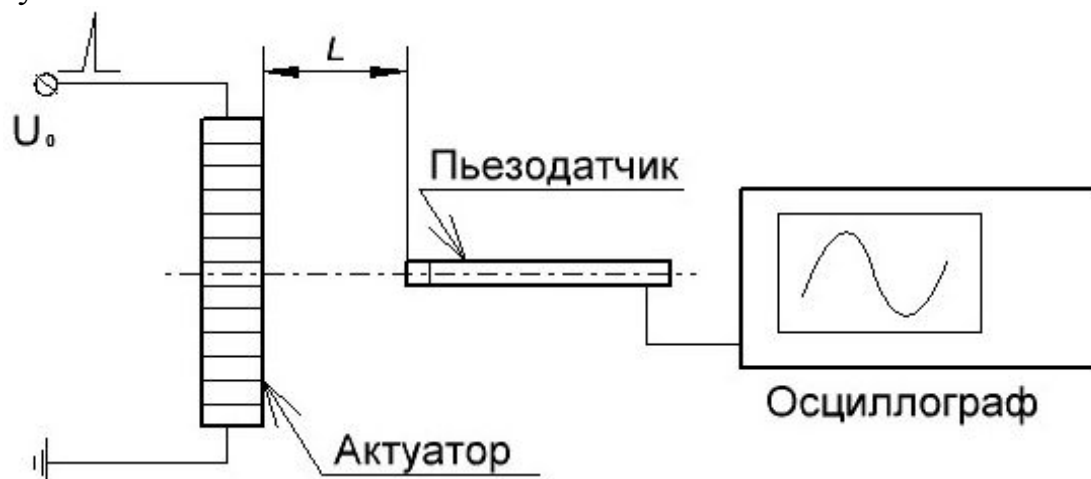


Рис. 3 Схема эксперимента

Для разрядника, работающего в таком режиме, проведены измерения амплитуды и времени прихода ударных волн на пьезодатчик на различных расстояниях от кольца L . Типичная осциллограмма, регистрируемая пьезодатчиком на расстоянии 35 мм от кольца, приведена на рис.4.

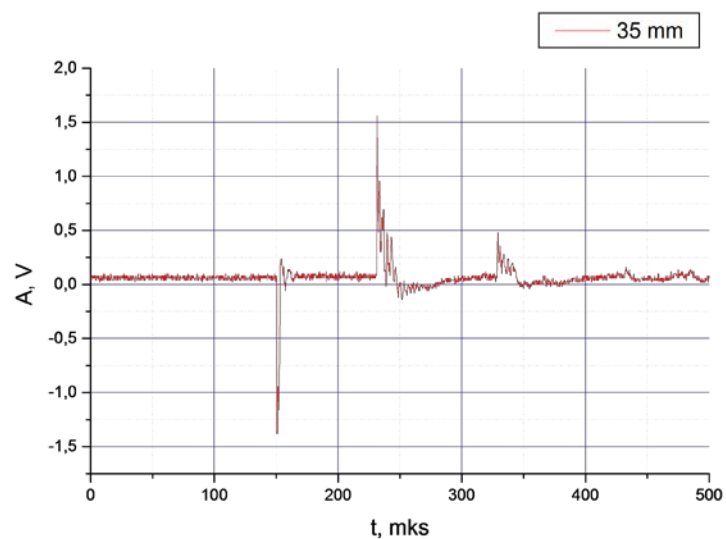
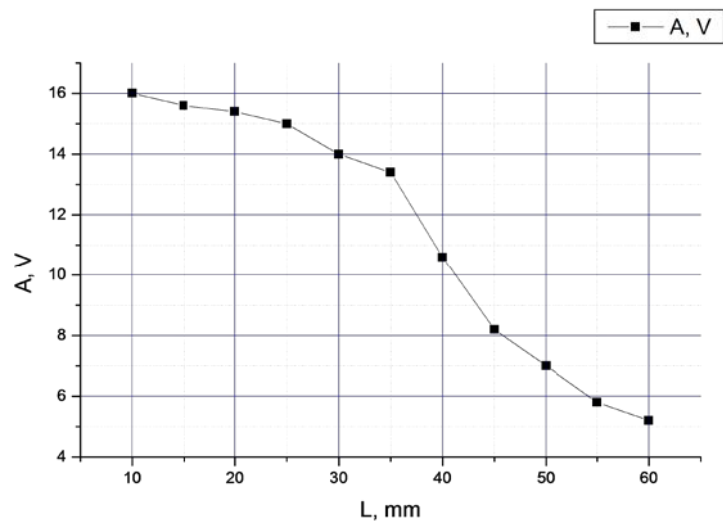
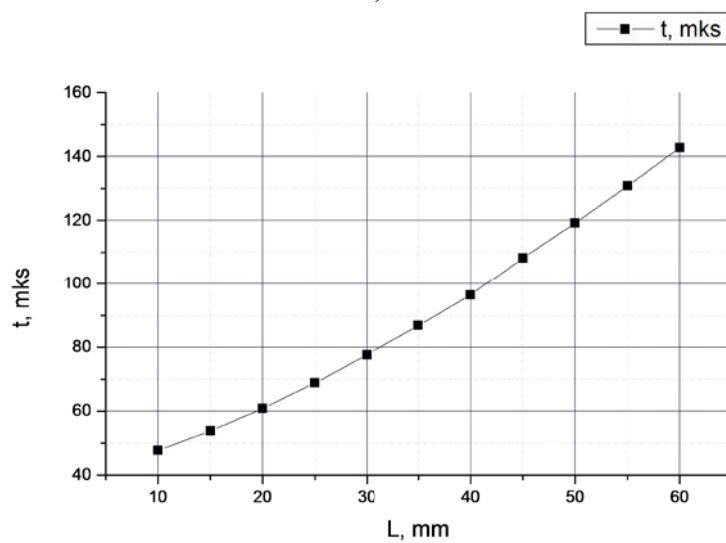


Рис. 4 Типичная осциллограмма (расстояние 35 мм от кольца)



а)



б)

Рис. 5 а) Зависимость амплитуды УВ от расстояния L, б) приход УВ на пьезодатчик в зависимости от расстояния.

УВ идет непосредственно от кольцевого разрядника. Зависимость амплитуды УВ от расстояния от кольцевого разрядника приведена на рис. 5.а. Амплитуда слабо меняется на расстоянии примерно 30 – 35 мм от кольца, а затем быстро падает приблизительно в 3 раза.

Максимальное значение амплитуды УВ ~ 8 атмосфер. Средняя скорость УВ на расстоянии до 35 мм от кольца, вычисленная по данным времени задержки прихода УВ на пьезодатчик (рис. 6) составляет 714 м/с, а дальше скорость падает до 428 м/с.

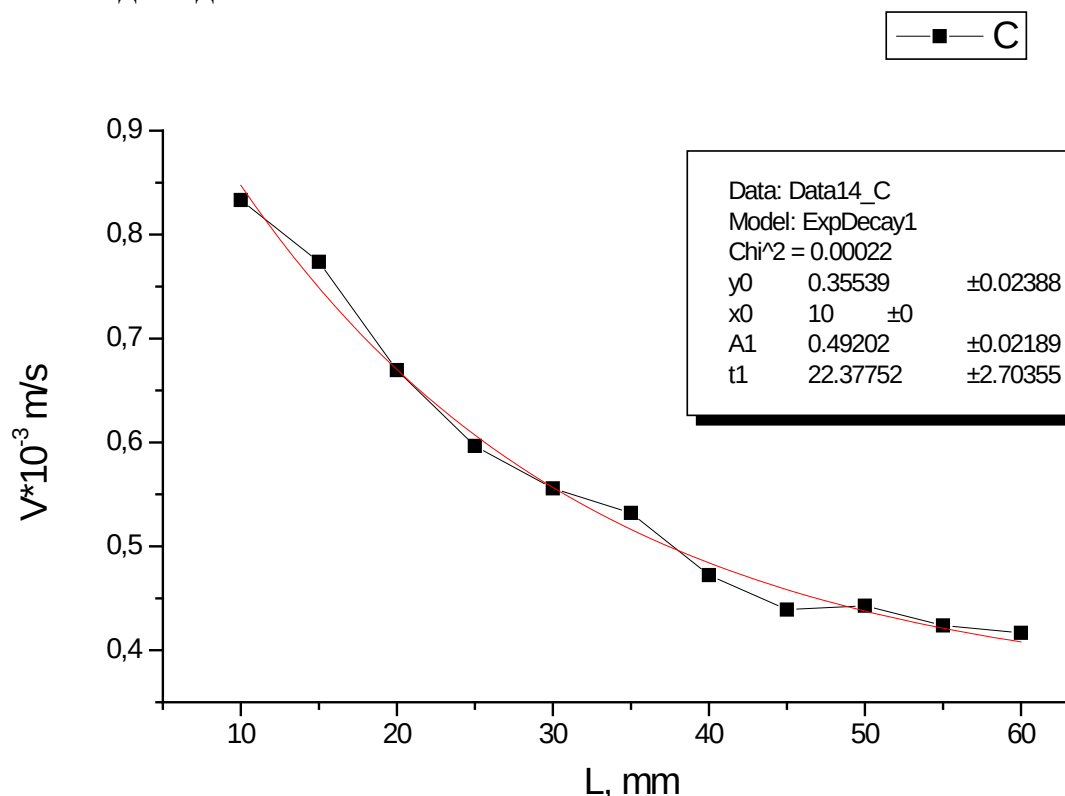


Рис.6. Изменение скорости ударной волны в зависимости от расстояния до кольцевого разрядника – черная кривая; красная кривая - аппроксимация экспонентой $V \cdot 10^{-3} = 0.35539 + 0.49202 \cdot \exp(-(x - 10)/22.37752)$.

Библиографический список

1. Э.М.Бархударов, Т.С.Журавская, И.А.Косый и др., Осесимметричный электрический разряд, как способ дистанционного нагрева газовой среды // Физика Плазмы, 2009, т. 35, № 10, сс. 1001-1010.
2. Бережецкая Н.К., и др. ЖЭТФ, 1984, 87, 1726.
3. Бархударов Э.М., Мдивнишвили М.О., Соколов И.В., Тактакишвили М.И., Терехин В.Е. Письма в ЖЭТФ, т.52, в.7, с. 990-993.

РЕАКТОР ДЛЯ ПРОТЕКАНИЯ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ МИКРОВОЛНОВОГО РАЗРЯДА В ПОРОШКОВЫХ СМЕСЯХ

*Степахин В.Д., Батанов Г.М., Бережецкая Н.К., Борзосекоев В.Д.,
Васильева Е.А., Колик Л.В., Кончечков Е.М., Летунов А.А., Малахов
Д.В., Петров А.Е., Сарксян К.А., Скворцова Н.Н., Харчев Н.К.,
ИОФ РАН, Москва, Россия*

Схема реактора и условия протекания плазмохимических реакций

В настоящей работе представлен новый тип реактора действующего на основе импульсного микроволнового разряда в смесях порошков металл-диэлектрик со свободной поверхностью. В работах [1, 2] описан разряд на поверхности и в объеме смеси порошков металла и диэлектрика характеризующийся высокой плотностью заряженных частиц ($\sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$), высокой степенью возбуждения электронных и колебательных степеней свободы атомов и молекул и высокой газовой температурой. При этом происходит испарение материала как металлических, так и диэлектрических компонент порошка. При возникновении разряда образуется тонкий слой плазмы, почти полностью поглощающий возбуждающее разряд микроволновое излучение. В такой высоковозбужденной среде возможно протекание различных плазмохимических реакций, в том числе и реакций самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в твердой фазе в смесях $\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ и $\text{Ti} + \text{B}$ [3, 4].

Однако в этих работах смесь порошков металла и диэлектрика находилась между двумя кварцевыми пластинами; таким образом, объем реактора и, соответственно, газовая фаза непосредственно не оказывала влияние на протекание возможных плазмохимических реакций. Таким образом, до сих пор в протекании этих реакций не было установлено участие молекул газовой фазы, которая находится над поверхностью порошка. В этих работах не изучен был также вопрос о роли концентрации металлических частиц в возбуждении и протекании процессов высокотемпературного синтеза. Поэтому представляло интерес выяснить возможность протекания плазмохимических реакций, таких как синтез нитрида бора и диборида титана, при возбуждении микроволнового разряда в смеси титана с бором. С учетом этих факторов был разработан плазмохимический реактор, схема которого приведена ниже, позволяющий реализовать новый способ синтеза нитрида бора и диборида титана, отличный от известных в настоящее время.

На рис. 1 схематично изображен общий вид реактора со схемой измерений, использованных при проведении экспериментов. Торцы разрядной

камеры закрыты толстыми кварцевыми пластинами, толщина которых пропорциональна $\lambda_0 m / 2N$ (N - показатель преломления, $m = 0, 1, 2, \dots$, λ_0 – длина волны излучения в вакууме), что обеспечивает близкий к нулю коэффициент отражения. В боковые стенки вмонтированы два кварцевых окна для наблюдения свечения разряда. Азот поступает в реактор через нижний штуцер и отводится через верхний. На нижнюю стенку реактора помещается тефлоновое кольцо (2), в которое вмонтирована тонкая кварцевая согласованная пластинка (3) и кварцевый цилиндр (1), высотой 40...80 мм. Схема активных элементов реактора изображена на рис.2.

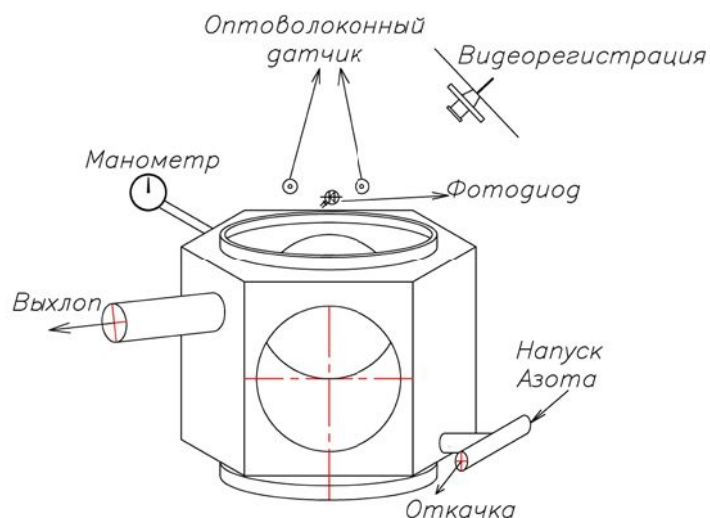


Рис. 1 Схематичное изображение общего вида реактора со схемой измерений.

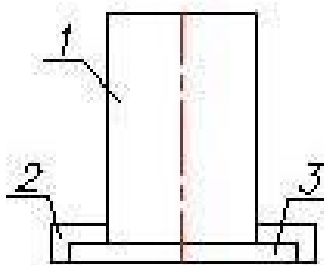


Рис. 2 Активные элементы реактора, 1 - кварцевый цилиндр, 2 - тефлоновое кольцо, 3 - тонкая кварцевая пластинка.

Слой порошка толщиной 0,5...0,7 мм насыпался на кварцевую пластинку и состоял из слоя бора, поверх которого насыпался порошок смеси титана с бором. Использовались смеси с 10% и 20% объемными концентрациями титана. Порошки послойно уплотнялись придавливанием плоской кварцевой пластинкой. Использовался порошок аморфного бора с размером частиц ~1 мкм и порошок титана с размером частиц ~40 мкм. Верхняя поверхность порошка оставалась открытой, что обеспечивало свободный газодинамический разлет продуктов реакции и движение нагретого газа в объем кварцевого цилиндра. Поэтому протекание реакции синтеза нитрида бора и диборида титана происходит во всем объеме реактора с оса-

ждением продуктов реакции как на стенках цилиндра, так и на остальных участках реактора, включая верхнюю кварцевую пластину и верхний штуцер, через который прокачивался азот [5].

Импульсный микроволновый разряд инициировался мощным СВЧ излучением, генерируемым гиротроном (Россия ГИКОМ) с частотой 75 ГГц, с мощностью до 450 кВт в гауссовом пучке на выходе гиротрона и с длительностью импульса СВЧ до 6 мс. Слаборасходящийся гауссов пучок микроволн с характерным радиусом в сечении реактора 40 мм пронизывал весь объем реактора и поглощался в керамических поглотителях, расположенных на удалении 60 см от верхнего окна реактора. С помощью квазиоптического ответвителя регистрировалась мощность падающего и отраженного излучения в центре микроволнового пучка, а с помощью коллимированной системы приема, расположенной за керамическими поглотителями, регистрировалась мощность прошедшего через реактор излучения в центре микроволнового пучка.

Квазиоптический ответвитель был прокалиброван по калориметру для измерения падающей мощности и мощности, прошедшей через реактор. Канал отраженного сигнала калибровался по слюдяной пластинке с известным коэффициентом отражения. При калибровке пластинка помещалась на верхнем окне реактора. Было установлено, что коэффициент отражения пустого реактора $R^2 = 0,0125$. Система плоскопараллельных кварцевых пластин реактора представляет собой интерферометр Фабри-Перо. Вследствие этого для слаборасходящегося пучка микроволн даже при столь низком коэффициенте отражения ($\sim 1\%$) возникала характерная картина кольцевых интерференционных полос, которая регистрировалась на выходе реактора с помощью термобумаги.

Временная эволюция свечения разряда в видимой области спектра регистрировалась с помощью светодиода. Спектр излучения разряда в диапазоне 350...800 нм регистрировался с помощью спектрометра Avantes.

Свечение разряда и изучаемых образцов регистрировалось также с помощью трех видеокамер, синхронизированных друг относительно друга. Первая камера была снабжена плотным нейтральным светофильтром с коэффициентом ослабления 10. С ее помощью регистрировалось свечение от реактора под прямым углом к плоскости торцевого окна реактора. На второй камере регистрировался общий вид реактора с окружающими его конструкциями. Кадр этой камеры регистрировался с задержкой 4 мс относительно первой. Ось третьей камеры была ориентирована под углом 45° к оси торцевого окна реактора. Это давало возможность получать фотографию поверхности порошка в реакторе и свечения разряда на нем и в объеме реактора. Задержка кадра третьей камеры составляла 8 мс относительно первой. Видеокамеры не были синхронизированы с запуском микроволнового генератора и работали в режиме постоянной регистрации с частотой кадров 25 Гц.

Эксперименты выполнялись в атмосфере технического азота (чистота 99%) после предварительной прокачки азота через реактор при нормальном

давлении азота. Выхлопная трубка была соединена с резиновым баллоном. Нагрев газа в разряде и увеличение давления в реакторе визуально наблюдалось по увеличению объема этого резинового баллона.

Облучение образцов выполнялось одиночными импульсами. Временные интервалы между импульсами в одной серии составляли 20...30 с. Число импульсов в каждой серии варьировалось от 3 до 10. Облучение начиналось при длительности импульса 1 мс и мощности 150...200 кВт, что соответствовало интенсивности в максимуме 3.3...4,4 кВтсм⁻². Затем мощность повышалась и увеличивалась длительность импульса.

После нескольких серий импульсов брались пробы испарившегося и осевшего на стенках реактора вещества и производился анализ его состава и структуры. Для анализа были использованы метод рамановской спектроскопии, метод микрорентгенофазного анализа (рентгеновский дифрактометр D8DISCOVER with GADDS, CuK_α-излучение) и энергодисперсионного микроанализа (ЭДМА, СЭМ JSM5910-LV с аналитической системой INCA ENERGY), а также для получения фото структуры частиц была использована электронная микрофотография.

Выводы

1. Возможности данного реактора были исследованы на примере самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в твёрдой фазе в порошковых смесях Al + Fe₂O₃ и Ti + B в атмосфере азота, и было показано, что достигаются условия синтеза таких продуктов BN и TiB₂.

2. Самоподдерживающаяся реакция Ti + B продолжается в течение нескольких десятков миллисекунд после выключения гиротрона, мощное импульсное излучения которого инициирует микроволновый разряд в порошковой смеси при длительности СВЧ импульса несколько миллисекунд.

3. Протекание самоподдерживающей реакции Ti + B и синтез BN и TiB₂ происходит во всем объеме реактора.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 8392 от 24 августа 2012 г. «Образование структур и стохастизация в плазме».

Библиографический список

1. Батанов Г.М., Бережецкая Н.К., Косый И.А., Магунов А.Н., Физика плазмы, 2006, Т.32, №6, С.571...576.
2. Батанов Г.М., Бережецкая Н.К., Косый И.А., Магунов А.Н., Физика плазмы, 2008, Т.34, №4, С.361...366.
3. A L Ivanovskii, "Non-carbon nanotubes: synthesis and simulation", *RUSS CHEM REV*, 2002, 71 (3), 175–194. DOI: [10.1070/RC2002v071n03ABEH000709](https://doi.org/10.1070/RC2002v071n03ABEH000709)

4. Dmitri Golberg, Yoshio Bando, Chengchun Tang, and Chunyi Zhi. « Boron Nitride Nanotubes» Adv. Mater. 2007, 19, 2413–2432 DOI: 10.1002/adma.200700179

5. G. M. Batanov, N. K. Berezhetskaya, V. D. Borzosekov, E. A. Vasil'eva, L. D. Iskhakova, L. V. Kolik, E. M. Konchekov, N. K. Kharchev, A. A. Letunov, D. V. Malakhov, E. D. Obratsova, E. A. Obratsova, A. E. Petrov, K. A. Sarksyian, N. N. Skvortsova, V. D. Stepakhin — «Synthesis of boron nitride initiated by microwave discharge in Ti—B powder in nitrogen». Third International Workshop "Nanocarbon Photonics and Optoelectronics". 29 July — 4 August 2012, Polvijarvi, Finland. Proceedings, p.72.

УДК: 53.097

ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СПЕКТРА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ С ТРЕХМЕРНОЙ СТРУКТУРОЙ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

*Юрченко В.И., Юрченко А.В., д.т.н., профессор,
Томский политехнический университет, Россия*

Исследование свойств смесей полимеров и наночастиц, определяемых взаимным влиянием наночастиц друг на друга является областью, интенсивно изученной, но результаты зачастую противоречивы. Традиционный подход в получении фототока предполагает генерацию заряженных частиц в объеме полупроводника, но при этом значительная часть энергии теряется на отражение, а излучение ИК и УФ почти не участвует в генерации фототока. Идея использования нано антенн (НА) для сбора солнечной энергии была впервые предложена Робертом Бейли в 1972 году.

Для достижения эффективности преобразования необходимо обеспечить поглощение максимального количества пришедшего излучения при минимальной толщине материала для снижения стоимости. Теоретически существует, как минимум три способа, при котором НА может эффективно взаимодействовать с фотоактивной подложкой, находясь непосредственно вблизи неё. Во первых НА могут улавливать рассеивающие фотоны в дальней зоне и передавать их энергию в активную подложку. Во втором случае, улавливаются фотоны, рассеивающиеся непосредственно вблизи НА. Они возбуждают электронно-дырочные пары в полупроводнике и способствуют генерации тока. И в последнем случае НА позволяет напрямую инжектировать в полупроводник заряженные частицы. Рассмотрим возможные технические и технологические решения реализующие эти варианты. НА являет-

ся коллектором электромагнитного излучения, предназначенным для поглощения энергии определенной длины волны, пропорциональной размеру НА. НА может эффективно поглотить свет любой длины волны при условии, что размер НА оптимизирован под диапазон длин волн. В идеале НА лучше всего использовать для поглощения света на длинах волн 0.4-1.6 мкм, потому что эти волны составляют не менее 85% солнечного спектра излучения.

НА, иногда представляет собой кластер наноразмерных неметаллических частиц, расположенных в тонкой пленке из благородного металла, нанесенной на поверхность прозрачной подложки. Также оптическая НА может быть образована системой наноразмерных металлических частиц, расположенных в слоистой среде без поглощения. Подобно антеннам микроволнового диапазона, предназначением оптических НА является преобразование энергии свободно распространяющегося излучения в энергию локализованной волны. Оптические антенны используют уникальное свойство металлических наноструктур, не являющихся идеальными проводниками при оптических частотах, а обладающих свойствами неидеальной плазмы, описываемой как газ из свободных электронов. Это свойство приводит к существованию эффектов поверхностного и локального поверхностного плазмонного резонанса, усиливающих взаимодействие света с веществом, что дает возможность использовать оптические антенны для увеличения эффективности работы солнечных батарей.

Математически задача дифракции на наноразмерных частицах в слоистой среде описывается системой уравнений Максвелла с определенными условиями' сопряжения на поверхностях частиц и границах раздела сред. Метод дискретных источников, обладает преимуществами, заключающимися в том, что он позволяет решать задачу дифракции одновременно для произвольного набора углов падения волны и обеих поляризаций ТМ и ТЕ электромагнитной волны. Одной из важнейших проблем, стоящих перед исследователями, является возможность управления шириной и направлением рассеянного оптической антенной излучения. В последнее время большое внимание было уделено свойствам антенны типа волновой канал (АВК). В некоторых ситуациях при возбуждении АВК квантовой точкой или плоской электромагнитной волной излучение рассеивается в определенном направлении.

Рассмотрена модель оптической антенны, представляющей собой совокупность частиц произвольного размера и формы с гладкой границей, целиком расположенных в тонкой пленке, нанесенной на поверхность подложки. Проведено моделирование и анализ характеристик рассеяния плоской электромагнитной волны ТМ-поляризации на различных оптических антеннах. В ходе численных экспериментов было установлено, что для оптической АВК существует возможность управления направлением прошедшего излучения при угле падения внешней электромагнитной волны, при котором происходит эффект максимального поглощения энергии. Управление направлением прошедшего излучения достигается путем изме-

нения расстояния между частицами, образующими АВК. Для линейного кластера сферических частиц было установлено, что существует возможность управления шириной и направлением прошедшего излучения путем добавления или исключения частиц из антенны.

Изучены параметры большого числа материалов, включая золото, марганец и медь под инфракрасными лучами для построения компьютерной модели АВК. При верном сочетании материалов, формы и размера можно собрать до 92% энергии в инфракрасном диапазоне. Если эти данные окажутся верными, то комбинация солнечных батарей и АВК позволит превысить в более чем 2 раза эффективность кремниевых солнечных батарей. В рассматриваемом варианте батареи два слоя. Первый, внешний, извлекает энергию из видимого светового излучения, а второй, под ним, — из инфракрасного, теплового. Дело в том, что с ростом температуры производительность солнечных батарей падает. Получая электричество от тепловой энергии, второй слой ещё и охлаждает фотоэлемент, поддерживая его КПД на более высоком уровне.

АВК, как нано кластер самоподобная геометрическая фигура, каждый фрагмент которой повторяется при уменьшении масштаба, имеет свои ответвления, на которых растут ещё более мелкие «веточки», формируя древоподобные узоры. Когда фотоны попадут на полимерное покрытие, произойдёт образование короткоживущих пар «электрон — дырка». Положительно заряженные дырки будут собираться «ветками», а электроны — мигрировать к противоположному электроду, создавая электрический потенциал. Наноразмерные кластеры (АВК) обладают чрезвычайно развитой площадью поверхности, прекрасно подходящей для эффективного сбора носителей заряда.

Теоретически рассмотрен эффект «фрактализации» слоя, предусматривающий наличие особенностей в электрофизических и оптоэлектронных свойствах таких систем на модельных системах. Методом цепной поляризации из мономеров метилметакрилата планируется получить полиметилметакрилат (РММА), в объём которого равномерно диспергированы частицы нано и субмикронного размера в поверхностном слое. Частицы окисла обеспечивают термостабильность композиционного материала и поглощают больше 98% УФ-излучения, причем свойства композиционного материала можно варьировать выбором размера частиц например ZnO. Материалы будут наноситься на кремниевую основу посредством принтерной печати. Согласно расчетам такой способ производства позволит снизить стоимость фотоэлектрических модулей на 80%.

Работа проводится при поддержке гранта президента РФ МД-5352.2013.8

Библиографический список

1. Hofmann H.F., Kosako T., Kadoya Y. Directional control of light by a nano-optical Yagi-Uda antenna // Nature Photonics. 2010. vol. 4. pp. 312-315

2. Белокопытов Г.В., Журавлев А.В. Влияние тонкого поверхностного слоя на рассеяние света сферическими частицами // Оптика и спектроскопия. 2006. Т.100. № 4. С. 672-677
3. Liaw J.W. The quantum yield of a metallic nanoantenna // Appl. Phys. 2007. vol. 89. pp. 357—362
4. Eremin Yu.A., Orlov N.V. Study of scattering properties of defects of silicon wafers// Opt. Spectrosc. 1998. vol. 84. No. 4. pp. 5570-562
5. Bharadwaj P., Deutsch B., Novotny L. Optical antennas // Advances in Optics and Photonics. 2009. vol. 1. pp. 438-483.

СЕКЦИЯ №5: УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

УДК: 65.01

ИНФОРМАЦИОННАЯ СРЕДА ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Дудина Е.А., асп., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Воруничев Д.С., асп., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В России с 2002 года выполняется Федеральная целевая программа «Развитие единой информационной образовательной среды», в рамках которой разрабатываются проекты, нацеленные на формирование федеральной информационной среды и ее региональных фрагментов. Очевидно, что эти проекты и вся Программа будут успешны, если их реализация будет основываться на формировании информационной среды отдельных учебных заведений и, в первую очередь, информационной среды крупных университетов. Тенденции современного образования таковы, что крупные университеты, традиционно являясь базой высшего и послевузовского профессионального образования, приобретают и новые функции, а именно:

- предоставление широкого спектра образовательных услуг дополнительного профессионального образования;
- обеспечение довузовской подготовки;
- создание и обеспечение сети университетских филиалов с целью повышения доступности образования;
- развитие ресурсной базы образования (всех уровней), включая подготовку кадров, разработку методического и технологического обеспечения, в том числе мультимедийных технологий;
- формирование институциональной политики в области образования, активное участие в различных региональных и отраслевых объединениях, направленных на развитие инфраструктуры образования.

Качественное выполнение университетом всех этих разнообразных функций невозможно вне информационной среды.

Информационная среда технического университета – это информационно-образовательная среда (ИОС), целенаправленно создающаяся для осуществления процесса управления и обеспечения современного образования, и включающая в себя организационно-методические средства, совокупность технических и программных средств хранения, обработки, передачи информации, обеспечивающую оперативный доступ к информации и осуществляющую образовательные научные коммуникации.

Формирование информационной образовательной среды, охватывающей все сферы деятельности высшего учебного заведения, создает дополнительные условия для всестороннего анализа показателей образовательного процесса, позволяет сформировать целостное представление о состоянии системы образования, о качественных и количественных изменениях в ней. Формирование ИОС университета основывается на следующих принципах:

- интеграция в единую ИОС России, региона;
- интегрируемость в университетскую систему управления качеством образования;
- децентрализация, открытость в смысле обеспечения максимальной возможности для образовательных подразделений университета встраиваться в ИОС университета и самостоятельно формировать и поддерживать свои образовательные ресурсы;
- обеспечение системности и координации с целью соответствия определенным общеуниверситетским требованиям, экономии финансовых и материальных ресурсов;
- соответствие мировым тенденциям развития электронного обучения (e-learning) и управления обучением (learning management);
- распределенный характер ИОС с едиными средствами навигации, обеспечивающими пользователям университета возможность быстрого и удобного доступа ко всем образовательным ресурсам;
- соблюдение авторских прав.

ИОС университета формируется постепенно (в любом крупном российском университете информационные технологии являются необходимой составляющей учебного процесса в той или иной степени уже не один десяток лет). Построение ИОС в современном ее понимании требует выполнения целого ряда задач, основными из которых являются следующие:

- разработка организационной структуры, обеспечивающей создание, поддержку и развитие ИОС;
- подготовка преподавателей и специалистов для работы в ИОС;
- техническое и технологическое обеспечение;
- разработка и поддержка информационных образовательных ресурсов;
- создание и поддержка образовательного портала университета;
- развитие научной и научно-методической работы в области современных информационных и телекоммуникационных технологий и применение их в области образования;
- взаимодействие с образовательными организациями региона, России, мира и развитие инновационной и институциональной деятельности в указанной области.

Анализ развития информационной среды в Московском государственном техническом университете радиотехники, электроники и автоматики показал, что от отдельных разработок в этом направлении необходимо переходить к системному решению этого вопроса, а для ряда задач

нужны организационные меры. В частности, необходимо создание организационной структуры, обеспечивающей создание, поддержку и развитие информационной среды университета. Сюда должны входить руководители подразделений, в наибольшей степени задействованных в решении вышеперечисленных задач, а именно: научно-методического центра, факультета повышения квалификации преподавателей (ФПКП), центра информационных технологий, библиотеки, издательства. А также представители факультетов (кафедр). Проблемным местом является подготовленность преподавателей и специалистов для работы в информационном пространстве университета. Для решения этой задачи необходимо повышение квалификации преподавателей для работы в информационной образовательной среде университета. Имеющийся опыт показал, что преподаватели мало мотивированы на довольно большие усилия по освоению новых технологий. Но известно, что значительным стимулом для преподавателя служит общественное мнение, сформированное в преподавательской среде университета: чем более распространены и употребляемы в этой среде те или иные технологии, тем более мотивировано их освоение. Для решения этой задачи необходимо проводить регулярные семинары, поставить ряд обучающих курсов на ФПКП, а также создать институт экспертов в области информационных образовательных технологий. Таким образом, данные организационные меры, позволят не только знакомить университетскую общественность с имеющимися разработками в данной области, но и предоставлять возможность постоянного повышения квалификации, а также интенсивно привлекать к работе группы ведущих специалистов. Анализ официального сайта университета показал, что все образовательные ресурсы университета невозможно представить, а тем более оперативно поддерживать в рамках одного сайта. Следовательно, возникает необходимость в создании образовательного портала, концепция которого должна отвечать общей цели развития ИОС университета — консолидация нескольких ресурсов в рамках одного веб-сайта. Таким образом, создание программной системы, которая не только позволит формировать образовательные сайты для подразделений университета из некоторых «заготовок», но и даст возможность настраивать «рабочие столы» для различных групп пользователей в соответствии с желаемой конфигурацией.

В результате, реализовав поставленные задачи, будет достигнута основная цель информационно-образовательной среды университета, которая состоит не только в обеспечении возможности удаленного интерактивного доступа (в авторизованном режиме, ориентированном на разные группы пользователей) ко всем образовательным ресурсам университета, но и в управлении процессом образования и его качеством (от набора студентов и маркетинга образовательных услуг до формирования и реализации образовательных программ). Соответственно, информационная среда, созданная на современном уровне, позволит реализовать функции не только обучения, но и решать задачи повышения качества образования с необходимым наличием системы показателей и индикаторов всех видов дея-

тельности вуза, объединяющей как внутренние показатели, так и показатели, формируемые на основе мнения государства в лице Министерства образования и науки РФ и Рособнадзора, работодателей и самих потребителей образовательных услуг.

Библиографический список

1. Востриков А. С., Гужов В. И., Казанская О. В. Роль технического университета в формировании информационной образовательной среды (проблемы, решения, перспективы) // Открытое и дистанционное образование. - Томск, 2002. - № 3(7). - С. 20–24.
2. Бадарч Д., Сазонов Б.А. Актуальные вопросы интернациональной гармонизации образовательных систем: Монография. – М.: Бюро ЮНЕСКО в Москве; ТЕИС, 2007. – 190 с.
3. Байденко В.И. Болонский процесс: проблемы, опыт решения. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2009

УДК: 004.942

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Аветисов А.Г., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Давлетчин Д.И., к.т.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Актуальность исследования заключается в том, что в настоящее время для обеспечения целостности сигнала, эффективной экранировки, повышения плотности монтажа компонентов применяются конструкции многослойных печатных плат (МПП). В связи с этим повышаются требования к технологиям проектирования и изготовления печатных плат (ПП), направленных для решения указанных задач, а также – на повышение качества и надёжности ПП. Одним из важных и ответственных технологических этапов изготовления ПП является процесс прессования МПП. Для обеспечения качества процесса прессования необходимо подобрать оптимальный технологический режим: время прессования, температуру, давление. Сегодня не существует программных средств, предназначенных для определения оптимальных технологических режимов прессования МПП. Инженер-технолог, исходя из многолетнего опыта работы в области производства ПП, эвристическим путём определяет необходимые режимы прессования. В результате человеческого фактора, до определения необходимых режимов прессования, часть ПП уходит в брак. Следовательно, необходимо разработать эффективный метод, базирующийся на применении про-

граммного средства, позволяющего произвести моделирование и определить технологические режимы прессования МПП.

Применение метода моделирования технологического процесса прессования позволит повысить качество МПП, а также уменьшить количество брака на данном технологическом этапе изготовления ПП, за счёт автоматизированного определения технологических режимов.

В таблице приведены критерии, влияющие на качество и надёжность процесса прессования слоёв МПП, что подтверждается данными [1-3].

Таблица: Определяющие критерии технологического процесса прессования

	Критерий	Свойства
1.	Состояние связующего в склеивающих прокладках	а) содержание летучих; б) нанос; в) растворимость; г) текучесть
2.	Качество поверхности слоёв	а) чистота отмывки слоёв от технологических загрязнений; б) наличие дополнительной обработки; в) шероховатость слоёв
3.	Технологическая оснастка	а) суммарная толщина пакета между плитами пресса; б) плоскопараллельность плит пресс-форм и прокладочных стальных листов; в) количество фиксирующих штырей скрепляющих пакет слоёв МПП
4.	Режимы прессования	а) время перехода к высокому давлению; б) время желеобразования; в) величина давления на стадии отверждения; г) время отверждения на последней стадии давления; е) температура прессования; ж) наличие вакуумного отсоса летучих
5.	Конструкция слоёв	а) толщина склеивающих прокладок; б) наличие или отсутствие больших полигонов фольги; в) формат заготовки; г) плотность рисунка схемы

На основании данных таблицы возможно производственный процесс прессования МПП представить как систему или многомерный объект, на который воздействуют входные и выходные переменные (рис.1).

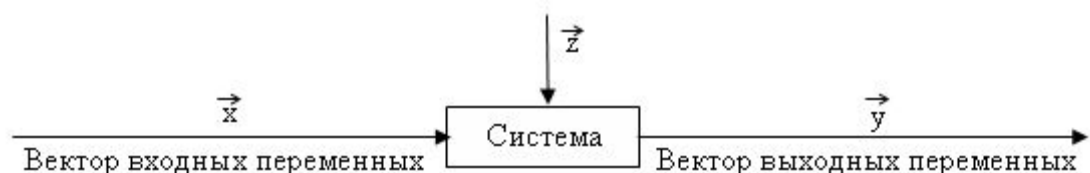


Рис. 1 – Принципиальная блок-схема системы

Вектор входных переменных

$$\vec{x}(\tau) = [x_1(\tau), x_2(\tau), x_3(\tau), x_4(\tau)]$$

представляет собой базовые и вспомогательные материалы: тип материала ПП, тип препрега, количество слоёв и их конструкция (с металлизированными полигонами или без), технологическая оснастка.

Вектор выходных переменных

$$\vec{y}(\tau) = [y_1(\tau), y_2(\tau), y_3(\tau), y_4(\tau), y_5(\tau), y_6(\tau), y_7(\tau)]$$

представляет собой свойства готовой МПП: высокая прочность сцепления слоёв, устойчивость к климатическим воздействиям и технологическим средам на последующих технологических операциях, высокое сопротивление изоляции, малые диэлектрические потери и минимальная диэлектрическая проницаемость, размерная стабильность, отсутствие коробления, высокая точность совмещения сигнальных слоёв.

Параметры, характеризующие условия протекания технологического процесса прессования МПП (режимы прессования) опишем вектором

$$\vec{z}(\tau) = [z_1(\tau), z_2(\tau), z_3(\tau), z_4(\tau), z_5(\tau)]$$

Программное средство предназначено для моделирования технологического процесса прессования МПП, которое и должно определить оптимальные режимы прессования $\vec{z}(\tau)$ при заданных начальных условиях $\vec{x}(\tau)$ и требований $\vec{y}(\tau)$, предъявляемых к готовой МПП.

Решение поставленной задачи позволит автоматизировать процесс принятия решений о технологических режимах на стадии прессования МПП путём предоставления рекомендаций от программного средства.

Библиографический список

1. Медведев А.М. Технология производства печатных плат. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2005. – 360 с.
2. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.

3. ГОСТ 23661-79. Платы печатные многослойные. Требования к типовому технологическому процессу прессования. Введ. 01.01.81; Срок действия до 01.01.95.

УДК: 658.5.011

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА

Воруничев Д.С., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Дудина Е.А., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

С 01.01.2013 отменен национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Требования» (Приказ Федерального Агентства по Техническому Регулированию и Метрологии (РОССТАНДАРТ) № 1575-ст от 22.12.2011 г.). Взамен отмененному национальному стандарту введен межгосударственный стандарт, идентичный отмененному - ГОСТ ISO 9001-2011 «Системы менеджмента качества. Требования». Межгосударственный стандарт принят в соответствии с протоколом межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации от 22 декабря 2011г. № 48 для добровольного применения в качестве национального стандарта. В то же время, сертификаты, выданные на соответствия систем менеджмента требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2008, действительны до окончания срока их действия.

Радиоэлектронный комплекс России в большей степени входит в состав оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Сейчас, большинство предприятий ОПК внедрили и сертифицировали свои системы менеджмента качества, которые являются преимуществом для получения гособоронзаказа и для получения лицензии. Наличие сертифицированной системы менеджмента качества на соответствие требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2008 “Системы менеджмента качества. Требования” или ГОСТ РВ 15.002 – 2003 “Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Системы менеджмента качества” является фактически обязательным требованием для получения гособоронзаказа, что закреплено в постановлении правительства РФ [1]. Так же предприятия ОПК, желающие получить или переоформить лицензию, должны иметь эффективно действующую систему менеджмента качества. Если такой системы нет и не получен сертификат, то руководитель предприятия должен предоставить в лицензирующий орган заключение внешнего аудита о том, что у него функционирует система контроля качества [2].

В прошлом году Россия вступила в ВТО, взяв на себя ряд обязательств, которые будут нарастать с каждым годом на протяжении переход-

ного периода. Правила меняются в сторону международных принципов, подходов и стандартов. Основным документом ВТО – соглашение о технических барьерах в торговле. Смысл соглашения в том, чтобы торговать, необходимо “говорить на одном языке”, а основа этого требования – международные стандарты. В этих условиях приоритет национальных стандартов стоит на последнем месте, чтобы не создавать дополнительных барьеров в торговле. основополагающий стандарт на системы менеджмента поменял свой ранг с национального на межгосударственный. Оборонно-промышленный комплекс РФ это высокотехнологичная отрасль, большая доля которой поставляется на экспорт и сегодня уже становится не достаточным одной лишь системы менеджмента качества. В условиях вступления России в ВТО, предприятиям радиоэлектроники становится важным приобретение и сохранение конкурентных преимуществ. Для доступа к новым рынкам сбыта, удержание своих позиций необходимо соответствие международным требованиям и нормам. Понятие “качество” приобретает более широкий формат. Сегодня уже невозможно считать качественной ту продукцию, создание которой наносит ущерб персоналу или окружающей среде. А говоря о продукции военного, специального или двойного назначения, необходимо обеспечение и информационной безопасности. Основа выполнения обозначенных требований международные стандарты на системы менеджмента. В настоящее время стандартизация это база для инноваций, которая должна тянуть вперед и стимулировать.

Продолжает расти спрос и интерес к интегрированному подходу к системам менеджмента и управлению организационными рисками. Традиционно, под интегрированными системами менеджмента (ИСМ) понимают системы менеджмента, соответствующие требованиям двум или более стандартов на системы менеджмента. Растущий спрос на ИСМ обусловлен желанием внедрить сразу несколько систем менеджмента. Часто, различные системы менеджмента работают как независимые системы, однако во всех системах менеджмента есть общие элементы, менеджмент которых возможно интегрировать. При интегрированном подходе появляется ряд преимуществ, таких как более целостный подход к менеджменту рисков, сокращение дублирования, сокращение противоречий между системами, более результативное и эффективное проведение аудитов. Это весьма сложный, инновационный продукт предприятия, который может служить своего рода визитной карточкой для доступа на новые рынки сбыта, как отечественные, так и зарубежные [3]. Так же интегрированные системы менеджмента все чаще считают одним из инструментов устойчивого развития организации. В качестве примера отечественных предприятий, где сертифицированы и поддерживаются в рабочем состоянии интегрированные системы менеджмента, можно привести такие как ОАО “Газпром”, ОАО “РЖД”, предприятия Госкорпорации “Росатом”. Интеграция систем менеджмента широко обсуждается более 10 лет и до недавнего времени не имела национального или международного стандарта. В 2010 году вышел, а 01.01.2011 введен в действие национальный стандарт РФ ГОСТ Р 53893-

2010 «Руководящие принципы и требования к интегрированным системам менеджмента». В 2012 году в стандарт внесена поправка. Выпуск данного стандарта также обусловлен растущим спросом к интеграции различных систем менеджмента. С выходом данного стандарта возникло множество вопросов с качеством перевода его прототипа – PAS 99:2006. При переводе изменилось название стандарта, которое приводит к неверному представлению о его содержании, а так же ряд искажений терминов [4].

Большинство организаций радиоэлектронного комплекса имеют сегодня сертифицированную систему менеджмента качества (ISO 9001). Система менеджмента качества направлена на удовлетворения требований заинтересованной стороны – потребителя. Сегодня требования возрастают и уже в ряде случаев этого не достаточно. Для поддержания конкурентоспособности организациям необходимо выявлять требования всех заинтересованных сторон и удовлетворения их потребностей и ожиданий. Определение всех заинтересованных сторон и необходимость внедрения нескольких систем менеджмента усиливает интерес к интегрированному подходу на системы менеджмента. Список некоторых систем менеджмента и пример их заинтересованных сторон приведен в Таблице 1.

Таблица 1. Системы менеджмента и пример их заинтересованных сторон.

Система менеджмента	Заинтересованная сторона
Система менеджмента качества (ISO 9001)	Потребитель
Система экологического менеджмента (ISO 14001)	Общество
Система менеджмента профессиональной безопасности и охраны труда (OHSAS 18001)	Персонал
Система менеджмента информационной безопасности (ISO 27001)	Акционеры

В настоящее время существует более 30 систем менеджмента. У каждой системы могут быть различные заинтересованные стороны, а так же их комбинации связанные со спецификой деятельности организации, в которой работает та или иная система менеджмента. В ближайшей перспективе развитие систем менеджмента, скорее всего, продолжит тенденцию к интеграции, более детальному изучению всех заинтересованных сторон, комплексному изучению и удовлетворению их требований и ожиданий. Фокус научно-обоснованных и эффективных экономических моделей к управлению организационными рисками расположится на интегрированных системах менеджмента. Выход национального стандарта на интеграцию систем менеджмента, несомненно, увеличит число предприятий разработавших и внедривших интегрированные системы менеджмента.

По прогнозам экспертов, через 8 лет, в индустрии производства электроники останутся только эффективные предприятия. С ростом сложности радиоаппаратуры растет и цена каждой ошибки в ее производстве. Компенсировать эту цену можно только снижением вероятности дефектов.

Уже через 10 лет, затраты на поиск и локализацию технологических ошибок и дефектов вырастут на порядок. Через 5 лет необходимым условием конкурентоспособности производств электронной аппаратуры будет удвоение эффективности.

Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ от 17 августа 2010 г. № 629 «О внесении изменений в некоторые постановления Правительства Российской Федерации по вопросам обеспечения качества продукции военного назначения, производимой в рамках государственного оборонного заказа и на экспорт».
2. Постановление Правительства РФ от 26 октября 2010 г. № 861 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ по вопросам лицензирования отдельных видов деятельности».
3. Воруничев Д.С. Интегрированная система менеджмента предприятия радиоэлектронного комплекса / Д.С. Воруничев // Организатор производства, №2 (53), 2012. - с.59-61.
4. Качалов В.А. Качество перевода стандартов: ситуацию нужно менять // Стандарты и качество, №11 (905), 2012. – с. 20-24.

УДК:006.072

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ УЛУЧШЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Гореева Ж.А., м.н.с.¹⁾; Быкова М.Б., м.н.с.¹⁾; Диденко И.С., к.ф.-м.н., ст.н.с.¹⁾; Козлова Н.С., к.ф.-м.н., ст.н.с.¹⁾; Сидорин В.В. д.т.н., проф.²⁾

*¹⁾Национальный Исследовательский Технологический Университет
«МИСиС», Москва, Россия*

*²⁾Московский государственный технический университет
радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), Москва,
Россия*

«Постоянное улучшение деятельности организации в целом должно являться её неизменной целью» гласит один из восьми принципов менеджмента качества – постоянное улучшение [1].

Как известно, «что нельзя измерить, тем нельзя управлять» и, соответственно, для того, чтобы проводить постоянное улучшение деятельности, необходимо уметь его измерять / оценивать.

В данной статье приводится модель количественной оценки улучшения системы менеджмента качества (СМК) испытательной лаборатории, разработанная сотрудниками аккредитованной испытательной лаборатории «Монокристаллы и заготовки на их основе» (ИЛМЗ), являющейся структурным подразделением Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

Аккредитованная испытательная лаборатория (ИЛ) должна выполнять целый ряд требований, установленных стандартом ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009. Одним из таких требований (п.4.10), является «Улучшение» [2].

Разработка модели количественной оценки улучшения СМК ИЛМЗ включала комплексный анализ деятельности за весь период работы в качестве аккредитованной испытательной лаборатории (с использованием результатов внутренних и внешних аудитов), выявление и оценку рисков в деятельности лаборатории, а также оценку результативности системы менеджмента лаборатории [3].

Модель количественной оценки улучшения СМК ИЛМЗ содержит пять критериев:

1. Внедрение нового

При оценке по данному критерию учитывается разработка новых методик измерения (расширение области аккредитации), внедрение новых процессов СМК, внедрение нового оборудования и т.п.

2. Внесение изменений (актуализация)

При оценке по данному критерию учитывается оптимизация и улучшение существующих процессов СМК.

3. Количество несоответствий

В 2011 г в ИЛМЗ проведена оценка рисков, часть рисков проявляется в деятельности лаборатории в виде несоответствий. В зависимости от вероятности проявления и влияния на деятельность лаборатории риски разделены на три группы: 1 группа - наибольший вес и влияние, 3 группа – наименьший. При оценке этого критерия учитываются только те несоответствия, которые входят в одну из 3-х групп рисков.

4. Выполнение плана улучшений

Ежегодно, по результатам анализа со стороны руководства в ИЛМЗ формируется план улучшений на следующий год. При оценке по данному критерию учитывается выполнение либо невыполнение Плана улучшений.

5. Результативность СМК

Данный критерий является базовым в модели оценки улучшения. Так как наличие новых внедрений, оптимизация отдельных процессов и полное выполнение плана улучшения на год не гарантируют, что вся система в целом функционирует хорошо, необходим был критерий, который гарантировал бы базовое соответствие всей СМК в целом установленным требованиям. Таким критерием и является результативность СМК, которая количественно оценивается в ИЛМЗ ежегодно.

Для каждого из перечисленных критериев установлены балльные оценки в зависимости от выполнения критерия (таблица 1). Максимально возможный балл по данным критериям – плюс 160, минимально возможный балл – минус 170. Оценку улучшения СМК по данной модели целесообразно проводить ежегодно.

Таблица 1 – Критерии оценки улучшения СМК

Критерии			Кол-во баллов
Внедрение нового	новые внедрения	одно	25
		более двух	50
	внедрений не было		-5
	внедрений не было более 3-х лет		-20
Внесение изменений	значительные	одно	20
		два и более	40
	незначительные	одно	5
		два и более	15
	изменений не было		-20
Несоответствия (из групп рисков)	больше 5 несоответствий	1 группа	-20
		2 группа	-15
		3 группа	-5
	снижение кол-ва несоответствий по сравнению с прошлым годом (суммарное)	да	10
		нет	0
Выполнение плана улучшений	выполнен полностью		10
	выполнено больше половины		5
	не выполнен		-10
Результативность СМК	от 80 % и выше		50
	от 70 до 80 %		0
	ниже 70 %		-80

На основании данной модели проведена оценка улучшения СМК ИЛМЗ за 12 лет работы в качестве аккредитованной испытательной лаборатории. На рисунке 1 представлены результаты оценки улучшения СМК ИЛМЗ в баллах с накоплением.

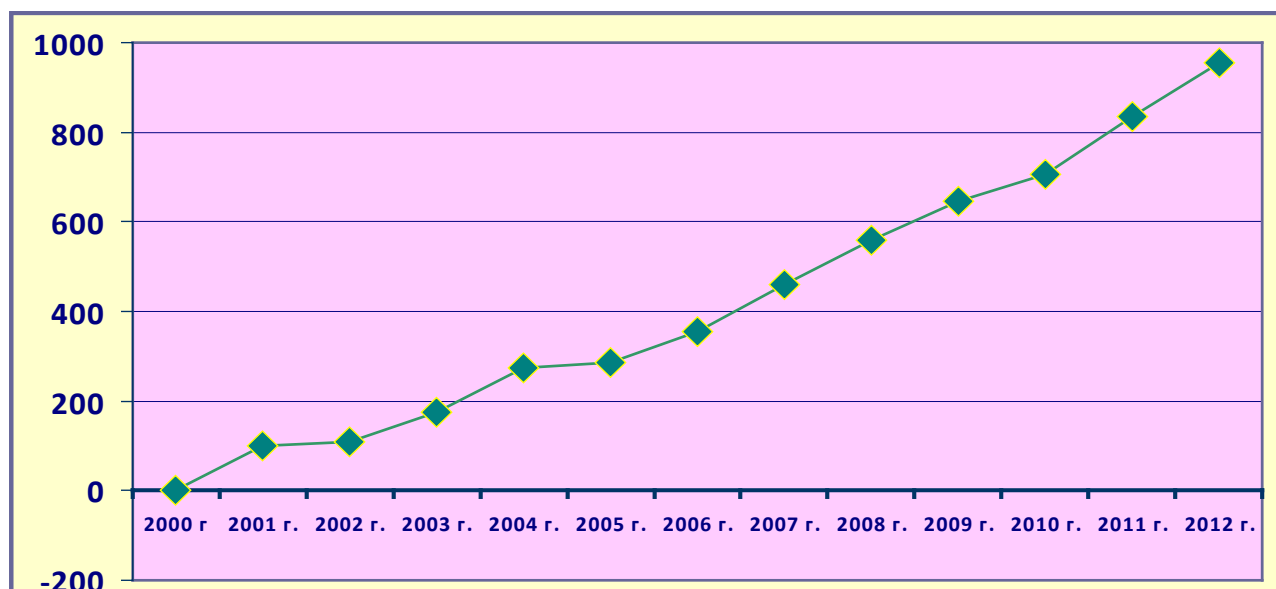


Рис. 1 Оценка улучшения СМК ИЛМЗ за 12 лет работы в баллах с накоплением

В каждый из периодов при оценке улучшения СМК ИЛМЗ получался положительный балл, соответственно динамика улучшения СМК ИЛМЗ за 12 лет работы – положительная. На основании этого можно сделать вывод, что лаборатория вполне успешно реализовывала принцип «постоянное улучшение» все эти годы.

Выводы

Разработана модель и проведена оценка улучшения системы менеджмента качества ИЛМЗ.

Данная модель позволяет количественно оценивать и планировать улучшение СМК испытательной лаборатории.

С некоторой адаптацией описанная модель оценки улучшения СМК может быть использована в любой испытательной лаборатории.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2008 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
2. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
3. Гореева Ж.А., Быкова М.Б., Диденко И.С., Козлова Н.С. Оценка результативности СМК лаборатории // Методы оценки соответствия.- 2012.- №2.- С.40-41.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ UML МОДЕЛЕЙ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

В.М. Гребенюк, аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Анализ исходного кода программы является важным инструментом для обеспечения качества программного продукта на стадии написания программы. Статический анализ исходного кода программы способен выявить широкий спектр различных ошибок, допущенный при создании программы, а также повысить эффективность её работы на ранней стадии жизненного цикла продукта. Примерами дефектов найденных в результате статического анализа исходного кода могут быть:

- 1) Неправильное использование системных ресурсов (неосвобождаемая память, порты или файлы);
- 2) Недопустимые операции (деление на ноль, использование недопустимых значений, освобождение уже освобождённой памяти и другие);
- 3) Неиспользуемые переменные или часть кода (такие фрагменты кода не только засоряют код, но также могут указывать на проблемы в логике программы);
- 4) Незаконченный код (необъявленные переменные, незаконченные выражения и т.д.).

Согласно исследованию американского Национального института стандартов и технологий (National Institute of Standards & Technology), стоимость исправления ошибки, найденной на этапе написания программы в 10 раз ниже, чем стоимость исправления ошибки, найденной на этапе интеграционного тестирования, в 20 раз ниже, чем стоимость исправления ошибки, найденной на этапе бета тестирования, и в 30 раз ниже, чем стоимость исправления ошибки, найденной после сдачи продукта в эксплуатацию.

Однако, анализ исходного кода программы не является унифицированным подходом для обеспечения качества сложных систем, так как различные компоненты таких систем зачастую написаны на различных языках программирования. В результате, даже детальный анализ исходного кода каждой из подсистем в отдельности не может гарантировать правильной работы системы, как единого целого.

Использование UML моделей в качестве унифицированного представления исходного кода сложных систем

Решением данной проблемы может стать использование UML моделей в качестве унифицированного представления кода каждой из подсистем. UML может использоваться для моделирования широкого круга приложений от встроенных систем и систем реального времени до распределенных web-приложений. Средства языка позволяют описать систему со всех точек зрения, имеющих отношение к разработке и развертыванию. На данный момент, существует целый ряд приложений для различных языков программирования, служащих для преобразования исходного кода программы в UML диаграммы. Предположив, что есть только один возможный способ конвертации исходного кода программы в UML модель (то есть, предположив, что программа-конвертер каждый раз создаёт одну и ту же UML модель на основе обработки одного и того же исходного кода), можно в отдельности преобразовать исходный код каждой из подсистем сложной системы в соответствующую UML модель. Представленный в виде UML диаграммы состояний или диаграммы действий, код каждой из подсистем теряет зависимость от использованного языка программирования, что даёт возможность объединения таких моделей в единую UML модель, отражающую функциональность всей системы.

Полученные модели могут быть использованы как для «ручного», так и для автоматического анализа с целью выявления ошибок и недочётов в работе системы, а также для повышения эффективности работы системы.

Наглядное отображение элементов системы позволяет упростить «ручную» проверку граничных узлов диаграммы, что позволяет выявить несоответствия в наборе передаваемых из подсистемы в подсистему параметров, ошибки в идентификаторах или свойствах передаваемых полей и сообщений.

Кроме того, существует широкий спектр средств автоматического анализа UML диаграмм. Такие средства позволяют проводить как статический анализ UML диаграммы, так и проверку на доступность всех её элементов. Средства автоматического анализа UML моделей позволяют идентифицировать следующие типы дефектов:

- 1) Переполнение и несоответствие типов данных;
- 2) Деление на ноль и другие арифметические ошибки;
- 3) Попытки доступа к несуществующим элементам массивов;
- 4) Неиспользуемый код.

Преимуществом данного метода также является и то, что он позволяет сократить время, требуемое на интеграционное тестирование сложной системы с использованием тестовых стендов или реальных систем.

Заключение

Обеспечение качества сложных систем является трудоёмкой задачей, требующей слаженной координации каждой из задействованных подсистем, а также комплексной технической реализации, поэтому предложенные предварительные проверки работоспособности системы с использованием UML повышают эффективность системы обеспечения качества и позволяют идентифицировать дефекты в работе системы на более ранних стадиях.

Библиографический список

1. Волкова Е.Д., Страбыкин А.Д., Анализ и трансформации исполняемых UML моделей [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://citforum.ru/SE/project/uml_ana_trans/
2. Gronback R.C., Model Validation: Applying Audits and Metrics to UML [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://conferences.embarcadero.com/jp/article/32089>
3. Emanuelsson P., Nilsson U., A Comparative Study of Industrial Static Analysis Tools [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iwt-kdg.be/teralabs/sites/default/files/Overview%20Papers-Books/A%20Comparison%20Of%20Industrial%20Static%20Analysis%20Tools.pdf>
4. Pap Zs., Majzik I., Pataricza A., Szegi A., Completeness and Consistency Analysis of UML Statechart Specifications [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://home.mit.bme.hu/~majzik/publicat/ddecs2001.pdf>
5. NIST Planning Report May 2002, The Economic Impacts of Inadequate Infrastructure for Software Testing [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.nist.gov/director/planning/upload/report02-3.pdf
6. Typical Run-Time Errors Detected - Polyspace UML Link RH [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mathworks.com/products/polyspaceumlrh/description3.html>

УДК: 004.414.2

ПРОБЛЕМЫ ВЕРИФИКАЦИИ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ НА СБИС

Деменкова Т.А., к.т.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Николаев С.А., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В настоящее время при проектировании цифровых устройств актуальными являются вопросы верификации, знание алгоритмов верификации и методик проверки результатов верификации. В данной работе рассматриваются результаты исследований в этой области, которые проводились в

последнее время в Центре проектирования интегральных схем, устройств наноэлектроники и микросистем МГТУ МИРЭА и были опробованы в практических разработках. Представлена методика верификации RTL модели сложнофункционального блока поддержки граничного сканирования, разработанного для задач тестирования цифровых схем.

На этапе создания RTL описания устройства стоит задача проверки его функциональной исправности, направленная на обнаружение логических сбоев и поиск породивших их ошибок проектирования. Данная стадия разработки называется логическим моделированием или верификацией. Процесс верификации подразумевает реализацию тестового окружения RTL модели – TestBench. Его основная задача – подача на входы RTL модели тестовых сигналов – стимулов. Путем анализа реакции модели на стимулы можно судить о корректности ее функционирования.

Существуют различные стили написания тестовых окружений с помощью языка Verilog HDL. Эти стили называются методологиями:

1. Последовательное (линейное тестовое окружение);
2. Тестовое окружение, основанное на заданиях (task) и функциях (functions) – конструкциях языка Verilog;
3. Тестовое окружение с самопроверкой.

В последовательном тестовом окружении значения входных сигналов, подаваемых на модель в каждом такте, описываются разработчиком на языке Verilog вручную. Данный подход позволяет производить верификацию небольших моделей с разумным количеством комбинаций входных сигналов, так как каждая комбинация вводится вручную, и не подходит для сложных моделей. Средствами САПР на основе введенных входных стимулов и реакции тестируемой модели на них строятся временные диаграммы, позволяющие визуально оценить корректность функционирования блока. Изменение тестируемой модели или алгоритма проверки приводит к необходимости полного переписывания тестового окружения.

Реализация тестового окружения, основанного на заданиях и функциях, является более гибкой. Она предполагает объединение однотипных последовательностей стимулов в отдельные конструкции, которые могут быть неоднократно использованы (вызваны) в процессе построения последовательностей тестирования. Это позволяет реализовывать структурированные тестовые окружения, быстрее строить новые алгоритмы подачи стимулов, изменять тестовое окружение, и, в конечном итоге, сократить время на проверку модели.

В противовес рассмотренным типам тестовых окружений, тестовое окружение с самопроверкой позволяет проводить верификацию RTL модели в автоматическом режиме. Оно имеет модульную структуру и является наиболее гибким из всех, так как такой подход к организации позволяет легко вносить изменения и повторно использовать разработанные модули в других проектах. Тестовое окружение с самопроверкой должно проводить тестирование по следующему алгоритму:

1. Генерация векторов стимулов;

2. Подача стимулов на тестируемую модель;
3. Фиксация реакции модели на подаваемые стимулы;
4. Автоматический анализ реакции модели на соответствие ожидаемому значению;
5. Генерирование отчета о работе тестируемой модели и найденных ошибках в ее функционировании.

Обобщенная структурная схема тестового окружения с самопроверкой представлена на рис.1.

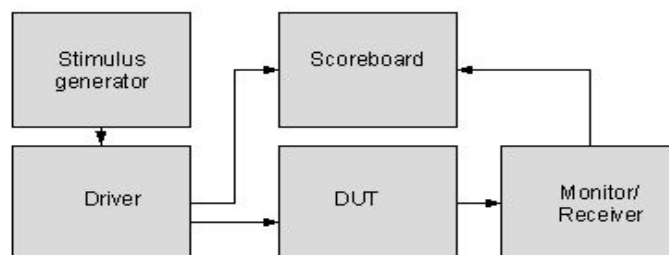


Рис. 1 Тестовое окружение с самопроверкой

Тестовое окружение с самопроверкой состоит из следующих функциональных частей:

1. Stimulus Generator – генератор стимулов. Отвечает за генерацию тестовых векторов, предназначенных для подачи на тестируемую модель.
2. Driver – передатчик. Осуществляет контроль за корректной подачей сгенерированных стимулов на тестируемую модель.
4. Monitor/Receiver – монитор/приемник. Осуществляет фиксацию выходных данных тестируемой модели и выполняет наблюдение за внутренним состоянием модели во время тестирования.
5. Scoreboard – индикатор. Данная часть тестового окружения в автоматическом режиме анализирует подаваемые на тестируемую модель стимулы и ее реакцию на них. В результате анализа индикатор выносит решение о корректности ее функционирования.

Применение данной методики построения тестового окружения позволяет в минимальные сроки добиться наиболее полной проверки тестируемой модели.

Исходя из общей сложности рассматриваемой в рамках данной работы RTL модели и огромного количества возможных комбинаций последовательностей тестовых стимулов, было принято решение о проектировании тестового окружения с самопроверкой.

Для верификации разработанной тестовой логики на языке Verilog HDL было написано тестовое окружение, генерирующее случайные тестовые последовательности и, на основе реакции на них тестовой логики, делающее вывод о корректности функционирования RTL модели блока.

Разработанное тестовое окружение состоит из следующих модулей:

- jtag_tb_main;

- jtag_tb_gen;
- jtag_tb_drvr;
- jtag_tb_mon;
- jtag_tb_scr.

Модуль jtag_tb_main является модулем высшего уровня иерархии, и служит для объединения между собой компонентов тестового окружения и тестируемой RTL модели (Device Under Test, DUT).

Модуль jtag_tb_gen служит для автоматического случайного генерирования последовательности команд тестирования и тестовых данных, которые передаются модулю jtag_tb_drvr для непосредственного ввода в тестируемую RTL модель и служат для проверки ее функционирования. Данный модуль также передает сгенерированные сигналы модулю jtag_tb_scr, на основе которых он делает вывод о корректности работы тестируемого блока.

Модуль jtag_tb_drvr принимает сгенерированные модулем jtag_tb_gen двоичные векторы и на их основе генерирует управляющие сигналы, подаваемые на порт TAP тестируемой модели, организуя последовательное выполнение RTL моделью сгенерированных модулем jtag_tb_generator команд тестирования.

Модуль jtag_tb_mon служит для приема двоичной последовательности от RTL модели блока, выдаваемой в процессе выполнения команд через выходную линию TDO TAP порта, и наблюдения за внутренними сигналами, порождаемыми RTL моделью в процессе выполнения подаваемых на нее команд. Принятые данные модуль передает модулю jtag_tb_scr для последующего анализа.

Модуль jtag_tb_scr служит для проверки правильности функционирования тестируемой RTL модели путем анализа подаваемых на нее сигналов от модуля jtag_tb_drvr и ее реакции на эти сигналы.

На рис. 2 представлена структурная схема взаимодействия модулей тестового окружения и тестируемой RTL модели.

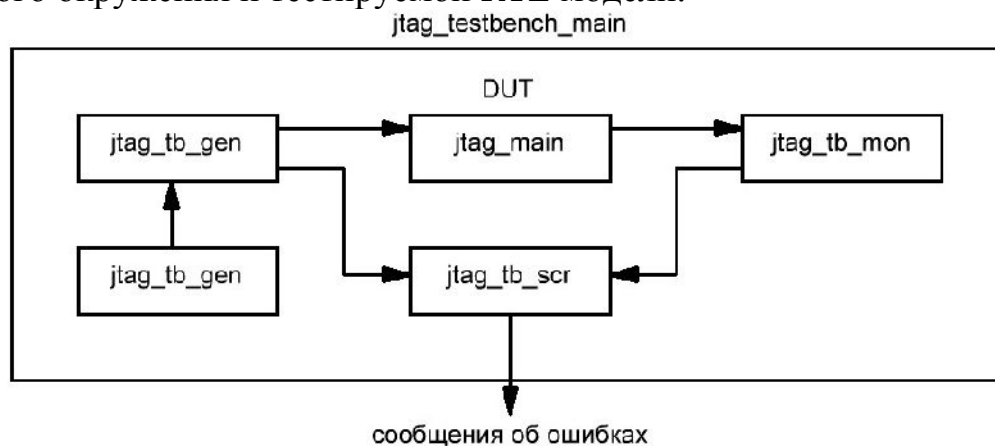


Рис. 2 Структурная схема тестового окружения

Объем Verilog кода, реализующего тестовое окружение, составляет около 4000 строк. Верификация разработанного СФ блока проводилась в

среде моделирования и верификации QuestaSim 10.0b компании Mentor Graphics. В процессе верификации случайным образом было сгенерировано 5000 команд. В результате верификации было обнаружено и устранено некоторое количество ошибок, допущенных при проектировании блока и в некоторых случаях приводящих к неправильному выполнению подаваемых команд. Найденные в процессе верификации ошибки были полностью устранены. Средствами САПР была произведена оценка покрытия кода RTL модели тестами (Code Coverage). В результате выполнения тестирования по оценке САПР было полностью покрыто 93% кода, что с высокой степенью вероятности позволяет судить об отсутствии в СФ блоке ошибок.

Представленные в работе результаты могут быть полезны разработчикам цифровых устройств на СБИС при организации функциональной верификации, реализации тестового окружения с автоматической генерацией стимулов и самопроверкой на языке Verilog и решении других проблем верификации.

Библиографический список

1. IEEE Standard Verilog Hardware Description Language, IEEE Computer Society, IEEE, New York, NY, IEEE Std 1364 - 2001.
2. IEEE Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture, IEEE Computer Society, IEEE, New York, NY, IEEE Std 1149.1 - 2001.
3. Программная модель сложнофункционального блока поддержки технологии граничного сканирования. Авторы Деменкова Т.А., Николаев С.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012616301. Дата регистрации 11.07.2012г.

УДК: 621.391.82

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕРАТОРОВ СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Смирнов А.П., д.т.н., руководитель направления ЭМС ЗАО “НВП
“Диполь”, Москва, Россия*

Для оценки устойчивости технических средств к сильным электромагнитным полям рассматриваются возможности применения реверберационных камер (РК). Используя принцип работы многомодового объемного резонатора, РК обеспечивают требуемое сильное и одновременно однородное электромагнитное поле при умеренных входных мощностях. Опи-

сываются особенности эксплуатации и аттестации РК, а также предложения по их внедрению в отечественном промышленном комплексе.

Актуальность оценки соответствия технических средств (ТС) требованиям электромагнитной совместимости (ЭМС) в отраслях общепромышленного и оборонного комплекса обуславливается следующими основными факторами:

- высокая плотность электрических, электронных и радиотехнических средств, обуславливающая возникновение большого количества направлений взаимного влияния и создания помех;
- высокий динамический и частотный диапазон используемых информационных и управляющих сигналов.

Наиболее важным и динамичным элементом оценки ЭМС ТС в последнее время является оценка устойчивости технических средств к излучаемым радиопомехам. На это обстоятельство есть следующие факторы:

- расширение частотного диапазона при испытаниях общепромышленной продукции с 1 ГГц до 6 ГГц, а для отдельной продукции – до 40 ГГц;
- увеличение жесткости испытаний общепромышленной продукции в среднем с 1-3 В/м до 10-30 В/м, для отдельной продукции - до 50-200 В/м.

Традиционно испытательное оборудование для проверки устойчивости ТС к излучаемому электромагнитному полю включает в себя задающий широкополосный генератор, комплект усилителей мощности и излучающих антенн. Анализ характеристик типовых антенн, используемых для создания сильного поля в диапазоне 80-1000 МГц, показал, что для создания поля амплитудой 10 В/м на расстоянии 3 м от излучающей антенны, модулированного по амплитуде с индексом 80% и с однородностью 6 дБ, требуется усилитель мощностью до 400 Вт. Для создания такого же поля в диапазоне 1-18 ГГц с помощью рупорных антенн требует входная мощность 80-90 Вт. Предлагаемые на рынок широкий набор таких как усилителей мощности, например, в диапазоне до 6 ГГц (производства TESEQ), до 18 ГГц (производства MILMEGA), для 40 ГГц (производства IFI), в общем обеспечивают необходимую. Однако их стоимость велика и в целом определяет значительную дороговизну испытательного оборудования подобной конфигурации. Кроме того, данные установки обладают рядом недостатков, основные из которых следующие:

- необходимость экранировки персонала и оборудования;
- существенная частотная зависимость однородности облучаемого поля.

В некоторой степени указанные недостатки делаются менее критичными в установках на базе генераторов поля плоской электромагнитной волны: полосковых линиях и TEM/GTEM-ячейках. Большой ассортимент таких генераторов поля производства TESEQ, содержащий линейку GTEM ячеек с габаритными линейными размерами от 1 до 10 м и работающими в диапазоне до 20 ГГц, также предлагается для проведения испытаний. Использование TEM/GTEM-ячеек позволяет на 20-40 % снизить подводимую

мощность для создания той же напряженности поля при обеспечении экранировки рабочего объема и улучшенной однородности поля. Однако генераторы поля обладают ограниченными размерами рабочего объема, связанными с физическими размерами линии или ячейки. В частности, для испытаний крупногабаритных объектов с размерами порядка 1 м^3 найти подходящую ГТЕМ-ячейку также проблематично.

Поэтому актуальным является поиск альтернативных систем для создания сильных электромагнитных полей.

К настоящему времени среди таких систем все большее применение находят так называемые реверберационные камеры (РК) (рис.1). Использование подобных устройств уже нашло отражение в международных стандартах МЭК 61000-4-21, а также международных отраслевых нормативных документах SAE J1113/27 (для продукции автомобилестроения), MIL 461F (для оборонной продукции, в диапазоне 200 МГц-40 ГГц), RTCA DO 160 D/E (для частот выше 100 МГц). В настоящее время возможность использования РК для испытаний отдельных видов продукции предусмотрена в отечественных стандартах. Однако необходимых отечественных реверберационных камер нет.

В настоящее время РК разрабатываются многими производственными компаниями, занимающимися созданием специализированного испытательного оборудования и средств измерений для оценки ЭМС. Среди них ведущее место занимает компания TESEQ. Их основные характеристики представлены в таблице.

Физической моделью РК является многомодовый объемный резонатор с прямоугольными стенками. Электрические размеры резонатора камеры выбираются такими, чтобы возникало порядка 100 мод. Для резонатора с хорошо проводящими стенками амплитуды возникающих мод являются одинаковыми и, складываясь в каждой точке рабочего объема в различных фазовых соотношениях, в среднем обеспечивают однородное суммарное электромагнитное поле в пределах рабочего объема. Для обеспечения работы в широком частотном диапазоне внутри РК помещен, так называемый, смеситель (иногда их бывает два несколько), внешне представляющий собой металлическую ломанную лопастеобразную структуру. Дискретно или непрерывно вращаясь, смеситель обеспечивает изменение граничных условий с изменением частоты, что приводит к созданию однородного поля в широкой полосе частот внутри РК.

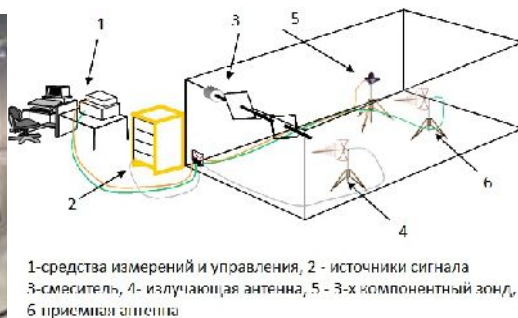


Рис.1 Внешний вид и схема РК.

Таблица. Основные характеристики реверберационных камер TESEQ.

Модель камеры	Габариты, м ³	Диапазон, ГГц	Рабочий объем, м ³	Е при P _{вх} =1 Вт, В/м
2XS	1.5x0.8x1.0	0.8-18	0.5x0.3x0.5	130-180
XS	2.7x1.5x1.3	0.5-18	1.2x1.0x0.8	130-180

Поскольку РК является испытательным оборудованием, то необходима ее аттестация. Проведение аттестации предполагает проведение следующих операций:

- проверка однородности электрического поля в пределах рабочего объема при вращении смесителя;
- проверка разброса значений ортогональных компонент вектора поля в выбранной точке рабочего объема при вращении смесителя;
- оценка калибровочных коэффициентов, определяющих связь между мощностью, подводимой к излучающей антенне, и создаваемой напряженностью электрического поля.

Требования к допустимому разбросу компонент вектора поля и его модуля определяются стандартами МЭК и составляют 3-4 дБ в зависимости от частотного диапазона. На рис.2 приведены результаты экспериментального исследования для одной из РК статистических характеристик распределения ортогональных компонент и модуля вектора напряженности электрического поля, а также частотная зависимость минимальной входной мощности для создания поля напряженностью 10 В/м внутри камеры.

Из приведенных зависимостей видно, что по уровню разброса характеристик поля РК соответствует требованиям стандарта МЭК 61000-4-21 практически до частоты 150 МГц.

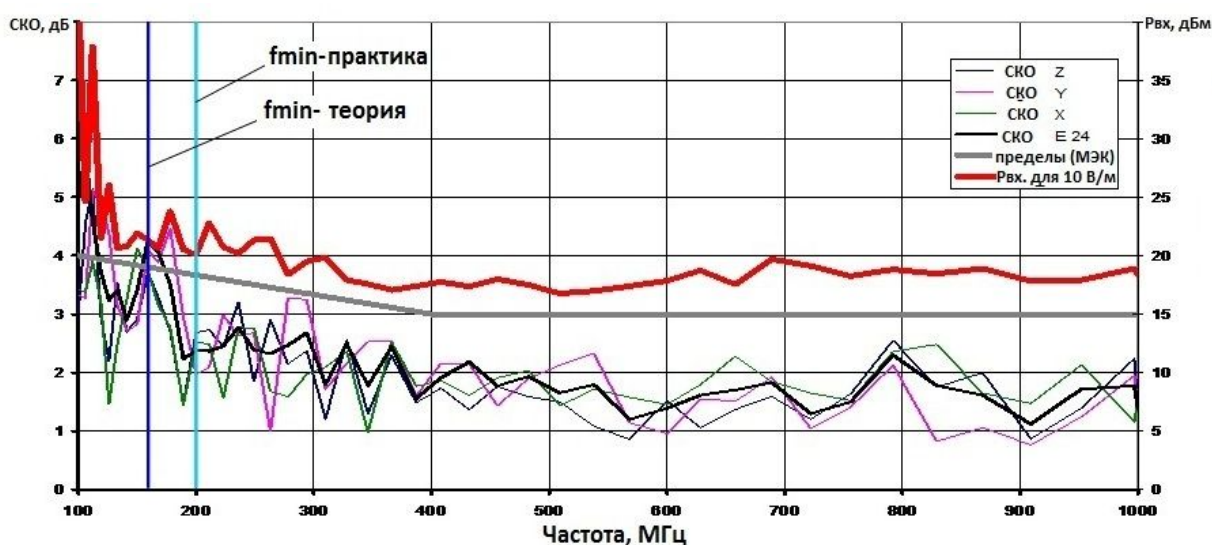


Рис. 2 Частотная зависимость разброса компонент и модуля напряженности поля внутри РК, минимальной входной мощности для создания поля величиной 10 В/м.

Связь между подводимой к излучающей антенне мощностью P_t и создаваемой внутри РК напряженностью поля E_0 определяется выражением:

$$E_0^2 = \frac{Q \cdot P_t}{\omega \varepsilon V}, \quad (1)$$

где Q - добротность резонатора РК, ω - круговая частота, ε - абсолютная диэлектрическая проницаемость, V - объем РК.

Поскольку добротность резонатора зависит от многих факторов, особенно от поглощения в стенах и на объектах, расположенных внутри РК, то реальная добротность может существенно отличаться от расчетного значения. Поэтому перед использованием (3) проводят калибровку РК с известным источником сигнала и приемником. Оценка добротности проводится согласно следующему выражению:

$$Q = \frac{16\pi^2 V}{\lambda^3} \frac{\langle P_{r0} \rangle}{P_{t0}}, \quad (2)$$

где λ - длина волны, $\langle P_{r0} \rangle$ - максимальная по вращению смесителя мощность опорного источника сигнала на выходе приемной антенны, P_{t0} - переданная мощность опорного источника.

Несмотря на многочисленные преимущества РК, активное использование их в нашей стране в настоящее время не достигнуто. Отчасти это связано с отсутствием соответствующих стандартов, регламентирующих порядок их применения. Поэтому в настоящее время в рамках национального комитета по стандартизации в области ЭМС планируется введение соответствующего гармонизированного стандарта по применению РК для оценки характеристик устойчивости и эмиссии ТС. Ожидается, что с внедрением данного стандарта в распоряжение производителей и испытателей поступит новое альтернативное эффективное средство для проведения испытаний на ЭМС.

УДК: 331.1

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА

Забавникова М.Л., студентка, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

На отечественных предприятиях радиоэлектронного комплекса внедрение программ управления персоналом в целом является большой сложностью по причине необходимости взаимодействия между большим количеством подразделений и сотрудников в них.

При внедрении на предприятие автоматизированной системы управления стоит осознавать тот факт, что для максимального использо-

вания всех возможностей необходимо охватывать и задействовать всё предприятие, а не единичные отделы. При внедрении системы существует ряд как положительных, так и отрицательных моментов. К недостаткам можно отнести высокую стоимость работ по подготовке и реализации системы, а также вероятность порой необоснованно длительных сроков разработки. Для уменьшения сроков существует возможность использовать уже готовое, предварительно сконфигурированное программное обеспечение. Часто с целью уменьшения сроков внедрения системы для решения тех или иных вопросов можно использовать существующие системы, уже готовые и предварительно сконфигурированные, которые требуют доработки под конкретные задачи и требования заказчика. Но это ускорение может привести к ухудшению ситуации рассмотрения рабочих вопросов на предприятии, в частности, к отсутствию или не налаженному взаимодействию между отделами. Также можно отметить, что на многих предприятиях существует проблема со стороны руководства, заключенная в нежелании менять старые принципы работы.

В случае успешного внедрения автоматизированной системы управления предприятием проявляются и свои преимущества, такие как значительная экономия финансовых расходов на административном уровне, снижение издержек и повышение эффективности работы компании в целом, изменение практики взаимодействия между подразделениями предприятия и сотрудниками в них, поскольку информацией ведает фирма полностью и тем самым есть возможность устранения искусственных барьеров между подразделениями, отделами и сотрудниками.

Наиболее эффективным является внедрение модулей управления персоналом на крупных предприятиях численностью более тысячи сотрудников. При наличии в системе управления предприятием модулей управления человеческими ресурсами появляется большой функционал возможностей. К сожалению, радиоэлектронный комплекс в настоящее время практически не использует в своем составе автоматизированные системы управления предприятием с включенными в них модулями управления персоналом. Причиной этого являются особенности этапов жизненного цикла и взаимодействие между ними. На данный момент только часть предприятий используют системы управления, охватывающие часть этапов, а не работу в целом.

В ходе проведения анализа систем управления на предприятиях радиоэлектронной сферы были получены следующие данные:

	Система управления	Название предприятия	Месторасположение	Система управления

Подходят для сферы радиоэлектроники	SAP R3 ERP	«Российские космические системы»	Москва	ERP
	SAP R3 ERP	Челябинский радиозавод «Полет»	Челябинск	ERP
	MFG/PRO	Erisson	Калининград	ERP-II
	ORACLE E-Business+SCADA EdgeCAM	ОАО «НИИМЭ и Микрон» (входит в Концерн «СИТРОНИКС Микроэлектроника»)	Зеленоград	ERP-II+SCADA
	Oracle E-Business Suite	ОАО НИИ Полупроводников	Томск	ERP
Не подходят для сферы радиоэлектроники	iRenaissance ROSS Systems	ЗАО «Московский научно-исследовательский телевизионный институт»	Москва	ERP
	Microsoft XAL	НПФ «Микран»	Томск	ERP
	Microsoft XAL	ООО «КБ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ»	Волгоград	ERP
	Scala	ЗАО Предприятие Остек	Москва	ERP-II

В целом же по стране примерно 10 процентов предприятий, работающих в областях проектирования и создания микросхем, а также в области радиолокации в РФ, используют ERP-системы для управления частью предприятия или предприятием в целом.

ERP-система представляет собой программный пакет, систему, позволяющую реализовывать идентификацию и планирование всех ресурсов предприятия, необходимых для выполнения поставленных задач. В основе системы лежит задача создания единого хранилища данных, содержащего всю необходимую информацию, накопленную организацией за время ведения деловых операций.

Термин ERP используется для обозначения комплексных систем управления предприятием (от англ. Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия). Ключевым словом в данном определении является слово Enterprise – предприятие, и лишь во вторую очередь подразумевается планирование ресурсов.

Какие же «подводные камни» ожидают предприятия при постановке цели внедрения ERP-системы?

Первоочередным звеном можно назвать отсутствие настроек системы под радиоэлектронику. И даже компании, использующие ERP для управ-

ления, чаще всего довольствуются базовыми настройками, предусмотренными для работы в любой сфере.

Высокая стоимость системы по сравнению с наименее комплексными и интегрированными, поскольку проще использовать то, что дешевле, а не то, что дороже и требует доработки.

Что можно предложить для повышения возможности внедрения ERP-систем на предприятиях радиоэлектронной сферы?

Проблему высокой стоимости системы можно частично снизить в случае появления системы, удовлетворяющей нуждам и требованиям предприятий радиоэлектронного комплекса. Основная задача – решение вопроса создания оптимизированной модели системы управления, а также отладка базовой модели ERP для использования в радиоэлектронной сфере.

Даже в случае оптимизации системы существуют недоработки и упущения в вопросах, касающихся управления персоналом, поскольку специфика работы сотрудников может сильно различаться, как и требования к выполняемой ими работе.

Библиографический список

1. «Управление персоналом организации» под ред. Кибанова А.Я., Москва, ИНФРА-М, 2005.
2. <http://www.erp-online.ru> Независимый ERP-портал

УДК: 338.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИН МЕНЕДЖМЕНТА В РАДИОЭЛЕКТРОННОМ КОМПЛЕКСЕ

Зорин А.Ю., студент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Радиоэлектроника - важнейший структурообразующий элемент экономики России.

Однако состояние отечественной технологической базы, разработок, серийного производства ЭКБ свидетельствует о том, что электронная промышленность Российской Федерации находится в глубоком структурно-технологическом кризисе. На фоне динамичного развития мировой электроники отечественная электронная промышленность последние 10-15 лет стагнирует.

Основная системная проблема заключается в ликвидации критического научно-технологического отставания отечественной электронной промышленности от мирового уровня, повышении конкурентоспособности ее

продукции на внутреннем и мировом рынках сбыта и увеличении объемов продаж электронной компонентной базы.

Эта проблема обусловлена низким технологическим уровнем большей части продукции отечественной электронной промышленности

Необходимость преобразований и модернизации в промышленности и сфере услуг, а также преодоление кризиса отечественной электроники предполагает рассмотрение и внедрение новых технологий, методов и способов организации. У подавляющего большинства слово «Lean» вызывает больше вопросов, чем ответов, не говоря уже о практическом применении методов «бережливого менеджмента» в бизнесе.

Современные тенденции развития экономики – всеобщая глобализация, рынок покупателя, развитие технологий – приводят к тому, что показателем успешного предприятия является уровень его конкурентоспособности, или говоря другими словами, степень «привлекательности» производимого продукта в глазах клиента. Конкурентоспособность, в свою очередь, зависит от набора таких факторов, как индивидуальность товара, качество, доступность на рынке и, естественно, цена. Девиз же Lean менеджмента – «создание ценности без потерь с точки зрения клиента», т.е. инструменты и методы Lean полностью соответствуют цели предприятия быть конкурентоспособным, не требуют привлечения дополнительных инвестиций, повышая при этом качество, сокращая время изготовления продукта, и, что наиболее важно, его стоимость.

К основным характеристикам Бережливого производства относятся:

а) комплексный непрерывный технологический процесс поштучного изготовления изделия. Тесная интеграция всей цепи ценообразования от сырья до конечного продукта благодаря налаживанию партнерских отношений с поставщиками и оптовиками.

б) построение обрабатывающих операций по принципу «точно в срок»: деталь, поступающая на какое-либо рабочее место, обрабатывается немедленно и сразу же передается на следующую операцию.

в) короткий временной цикл «от заказа до отгрузки», возможность производства продукции малыми партиями синхронизировано с графиком отгрузки.

г) производство на основе заказов, а не прогнозов спроса: планирование производства определяется потребностями заказчиков или интенсивностью спроса, а не соображениями загрузки оборудования или негибким техпроцессом данного цеха или участка.

д) наличие минимального запаса комплектующих и материалов на каждой стадии производственного процесса.

е) быстрая переналадка машин и оборудования, что позволяет выпускать различные изделия малыми партиями в непрерывном для каждого изделия технологическом режиме.

ж) не отбраковка и переделка дефектных изделий, а предотвращение брака путем обеспечения качества в процессе производства и внедрения

процедур передачи данных о качестве по каналам обратной связи в масштабе реального времени (система Poka Yoke).

з) организация работы в команде, когда квалифицированные операторы широкого профиля наделены полномочиями принимать решения и совершенствовать производственные операции при содействии немногочисленного вспомогательного персонала.

Концепция Лин менеджмента включает следующие основные элементы:

- а) поставки точно во время (система «Just in Time»)
- б) быстрая переналадка оборудования
- в) система вытягивания и работа под заказ (система «Канбан» - не производите то, что не продано, и пополняйте запасы только того, что использовано)
- г) повышение качества (система «Кайдзен» - это постоянное стремление к совершенству во всем, во всех сферах деятельности и всех процессах)

д) система 5S (организация порядка на рабочем месте)

Последовательность шагов реализации системы lean менеджмента:

- 1) наведения порядка и наглядной демонстрации неудобств, вызванных большими запасами
- 2) делегированию полномочий и доведению стратегических целей от высшего уровня вплоть до рабочих
- 3) необходимость превратить внутренние цепочки потребителей и поставщиков в последовательности процессов
- 4) устранение причин несоответствий и лишних издержек
- 5) создание бережливого производства, как высшей формы эффективного бизнеса

Эффективность от внедрения инструментов бережливого производства в различных отраслях промышленности составляет:

- сокращение производственного цикла от 12 % до 25 %
- высвобождение производственных площадей до 25%
- рост качества на 40 %
- увеличение производительности от 35 % до 55 %
- сокращение отходов с 6 % до 1,2 %
- снижение потребления электроэнергии на 56 %
- сокращение запасов на 35 %.

Библиографический список

1. Талалай А.М. Lean Production — полезный инструмент для ISO 9001:2000 и ISO/TS 1949:2002 // «Q-мир», 2006, № 2, стр.11.
2. Бережливое производство/ Компания Kioda/ Электронное издание — www.kioda.ru, 2006. - стр. 40-59.

3. Материалы сайта <http://www.minpromtorg.gov.ru> (Государственная программа Российской Федерации "Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы")

4. Материалы сайта <http://www.leaninfo.ru>

УДК: 621.395

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТУПНОСТИ УСЛУГ В СЕТЯХ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

Балабанов И.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Беспроводная связь в настоящее время является неотъемлемой и необходимой частью современной действительности, обеспечивая бизнес процессы и коммуникации. Она доступна не только в стационарных условиях, но и предоставляет возможность пользоваться услугами связи в движении (авто, железнодорожный транспорт, метро и т.д.). Большой процент трафика мобильных сетей составляет пакетная передача данных, вызванная потребностью абонентов в электронной почте, социальных сервисах, медиа контенте и пр.

Наличие ряда интегрированных программно-аппаратных решений нивелируют эффект Доплера и компенсируют временные задержки в зависимости от дальности нахождения абонента до статичного приемопередатчика. При передвижении мобильного абонента происходит одновременное появление новых и ухудшение параметров обслуживающих несущих, поддерживающих соединение с абонентом в реальном масштабе времени. Принятие решения о выборе радио ресурсов, частоты переключений между ними является неотъемлемой задачей обеспечения мобильности.

Емкостные ресурсы сетей третьего поколения (сети UMTS), использующие кодовое разделение каналов, определяются уровнем шума в зоне сервирования и количеством канальных элементов на управляющем приемопередатчиках оборудования. Каждая сота, являющаяся наименьшим логическим элементом сети, выполняет предоставление сервисов на определенной территории.

При планировании сети радиоинженер с использованием программных средств назначает мощность сигнала, углы и типы антенн, определяющих зону покрытия каждого сектора, для фиксации конкретной зоны его обслуживания.

На этом этапе определяется планируемая зона обслуживания каждого сектора, называемая доминантной зоной сервирования. Вследствие аппроксимации данных при расчете покрытия, различиях в моделях распространения радиоволн, постоянных изменений в топологии сети, ошибках

планирования и монтажа, зачастую сектора собирают трафик из недоминантной области. Под недоминантной областью сервирования понимается территория, где уровень сигнала этой соты достаточен для предоставления услуг, но не гарантируется качество сервисов и имеет место доминантный сектор, определенный в процессе планирования.

Непрерывной процесс строительства и наличие уже широко развернутой сети предоставляют, но не полностью гарантируют доступность услуг на планируемой территории покрытия. Основной проблемой радио сети, наряду с вопросами параметрической оптимизации, транспортной емкости и авариями, является наличие избыточных перекрытий между сервирующими сотами в доминантной области одного из секторов.

Проблемы планирования сети приводят к появлению избыточной интерференции и неравномерному снятию трафика с зоны обслуживания системы, приводящих к перегрузке отдельных ресурсов сети и отказам при доступе к услугам.

Решение проблем доступности на развернутой сети возможно путем оптимизации покрытия секторов, изменения углов наклона их диаграмм направленности. Существуют три основных способа изменения зоны обслуживания сот:

- изменение высоты подвеса антенн;
- изменение углов диаграмм направленности антенн;
- изменение мощности приемопередатчиков.

Для выполнения данных операций в первую очередь необходим анализ статистики, собираемой с сетевых радио элементов для определения проблемных приемопередатчиков, на которых имеет место отсутствие сервисов. Наличие базовых станций на участках с плотной застройкой, например в границах Садового кольца г. Москвы, составляет до нескольких станций на один квадратный километр. Наличие таких счетчиков, как дальность абонента от станции и количество отказов позволяет в течение дня определить список секторов, требующих оптимизации. Несмотря на то, что базовые станции с расположенными на них приемопередатчиками, обслуживающими соответственные сектора, расположены на расстоянии 500...1000 метрах друг от друга, они собирают трафик в радиусе 3...4 километрах, что однозначно является недоминантой областью их сервирования. Такая статистика указывает на необходимость проведения механической оптимизации АФС с целью оптимизации зон покрытия.

В результате проведенных аналитических и экспериментальных исследований установлено, что путем определения побеленных сот, анализа статистики и применению рекомендаций по изменению физической конфигурации антенн, четкого разделения зоны сервирования секторов, имеется возможность значительно повысить как доступность пакетных сервисов, так и увеличить скорость передачи данных, улучшить качество речи.

Библиографический список

1. Балабанов И.В. Проблемы качества подвижной связи в технологиях точного земледелия и позиционирования сельскохозяйственной техники. В кн.: Материалы 6-Международной научно-практической конференции «ИнформАгро-2012». М.:ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. - С.365-368.

УДК: 621.395

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Легкий Н.М., профессор, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Сычева А.В., ст. преподаватель, МГУПС, Москва Россия

Во всем мире интеллектуальная собственность служит источником повышения прибыли предприятий, дает ему возможность обеспечить качество и конкурентоспособность продукции, а также избежать проблем в результате споров и разбирательств в сфере интеллектуальной собственности в виду отсутствия инновационной стратегии для их решения. Патентный отчет Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) за 2012 г. показывает, что всемирный рост подач патентных заявок составляет ежегодно в среднем 4,7%, при этом самые высокие темпы роста наблюдаются в странах северо-восточной Азии, в особенности в Республике Корея и Китае. Число патентов, выданных во всем мире, в среднем ежегодно возрастает. Количество патентов служит показателем развития предприятия и напрямую взаимосвязано с объемом создания продукции и прибылью от ее реализации. Патент поощряет инновации, благодаря которым качество продукции предприятию постоянно улучшается. Это особенно важно в такой наукоемкой области, как производство электронной техники. Такие крупнейшие мировые гиганты как Siemens, Samsung и ряд других производителей электронной техники владеют сотнями патентов (1030 и 612 соответственно), что дает им возможность получать дополнительный денежный доход от использования интеллектуальной собственности, вести активную политику по захвату рынков, выигрывать судебные иски при конкурентных спорах. Крупнейшие российские предприятия, такие как ОАО «Вега» получила 51 патент за 1994-2012гг, РТИ им. Минца -17 патентов за 1994-2010гг, в 2011 и 2012гг не получено ни одного патента. Немного лучше обстоит дело у ОАО «Российские космические системы» (головное предприятие по системе ГЛОНАСС), оно получило 118 патентов на

изобретения, причем 6 патентов получены в январе-феврале 2013 года. Это все равно намного меньше, чем у их зарубежных конкурентов.

При поставках оборудования в интересах министерства обороны государственные заказы обеспечивают им бесконкурентную среду, осложняя выход продукции данных предприятий на мировой рынок.

Под интеллектуальной собственностью понимают исключительное право гражданина или юридического лица на результаты интеллектуальной и творческой деятельности. Объектами интеллектуальной собственности принято считать научные результаты, изобретательские работы, проектно-конструкторские работы, управленческую работу, программные продукты, авторские права, выраженные в объективной форме и зафиксированные на материальных носителях.

Например, в базе данных Федерального института промышленной собственности (www.fips.ru) по поиску «ГЛОНАСС» получено 121 патента, а в базе США по состоянию на 01 марта 2013 года находятся 54790 патентов, содержащих термин «GPS».

Для отечественных предприятий характерна ситуация, когда при определении стоимости проекта оценивают только материальные активы, без учета стоимости прав на интеллектуальную собственность. Соответственно экономический эффект от реализации инновационных проектов будет значительно заниженным. Недооценка интеллектуальной собственности приводит к потере преимуществ по отношению к конкурентам и негативно влияет на престиж предприятия, так как понятие «интеллектуальная собственность» неразрывно связано с понятием «конкурентоспособности» создаваемой техники.

Анализ научных публикаций по инновационному менеджменту свидетельствуют о том, что вопросы управления интеллектуальными ресурсами и ее оценки в процессе реализации новых видов продукции слабо формализованы. Так же слабо развиты методы оценки интеллектуальной собственности, отсутствуют методы оценки интеллектуальной собственности для обоснования необходимости привлечения финансовых ресурсов. Такая позиция объясняется тем, что такой ресурс как интеллектуальная собственность является практически неликвидным. Для этого необходимо разработать методы оценки, адаптированные к условиям конкретного предприятия.

Остаются недостаточно изученными вопросы управления интеллектуальными ресурсами предприятия, в том числе с использованием информационных технологий, отсутствуют модели создания подразделения по управлению интеллектуальной собственностью на предприятии и технологии его адаптации в зависимости от финансовых возможностей предприятия и специфики выполняемых проектов. Вопросы интеграции процессов интеллектуальной собственностью и проектного менеджмента предприятия как единой целостной системы остаются не решенными. Поэтому перед руководством предприятия возникают проблемы в управлении интел-

лектуальной собственностью, в том числе выбора методов оценки стоимости интеллектуальной собственности.

При организации разработки и производства новой конкурентоспособной техники необходимо формировать структуры управления интеллектуальной собственностью и разработать механизмы их оценки и лицензирования, а также методы выбора наилучшего метода управления патентно-правовыми рисками для достижения целей с наибольшей эффективностью и минимальными потерями. Это позволит на основе формализованного представления структур и процессов по управлению интеллектуальной собственностью осуществлять оценку и лицензирование интеллектуальной собственностью, а также реализовать мероприятия по своевременному реагированию на патентно-правовые риски, оформление результатов интеллектуальной деятельности в виде патентов, контроль над использованием их в организациях.

Библиографический список

1. Сычева А.В. Право на интеллектуальную собственность / Путь и путевое хозяйство, 2004, № 1.
2. Сычева А.В. Способы защиты интеллектуальной собственности / Путь и путевое хозяйство, 2004, № 2.

УДК: 681.3

СИСТЕМЫ БЕСКОНТАКТНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТЕВЫХ МЕТОДОВ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Малахов А.В., старший преподаватель, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

*Макаревич А.В., член-корр. РАЕН, зам. директора «Института
радиофизиологических исследований» (ИРФИ) РАЕН*

Панов А.В., к.т.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Ввиду того, что на современном этапе развития систем дистанционного взаимодействия информационных систем процессы обмена данными зачастую не требуют создания принципиально новых сред и систем технологической поддержки, особый интерес предоставляет возможность использования существующей телекоммуникационной инфраструктуры в интересах бесконтактной медицинской диагностики. В этой связи наиболее проблемными представляются вопросы представления и аналитической обработки данных, поступающих по каналам связи от пациента к врачу или

консультанту.

С точки зрения информационно-аппаратной среды, можно выделить несколько дополняющих друг друга принципов организации обмена данными в сети. Все они находят применение в современных телекоммуникациях, однако не в полной мере исследованы с позиции надежности, резервирования и взаимозаменяемости каналов связи.

Рассмотрим несколько схем дистанционного обмена данными на базе АРМ АПК «Марс».

В состав аппаратуры входят:

- персональный компьютер (ПК), подключенный к АРМ АПК «МАРС»;
- коммутаторы, обеспечивающие связь с волоконно-оптическим каналом связи (ВОКС);
- маршрутизаторы, обеспечивающие связь с РААС;
- ПК с удалённым доступом.
- 1-я ступень - работа медперсонала на ПК с АРМ АПК «Марс» (рис 1);

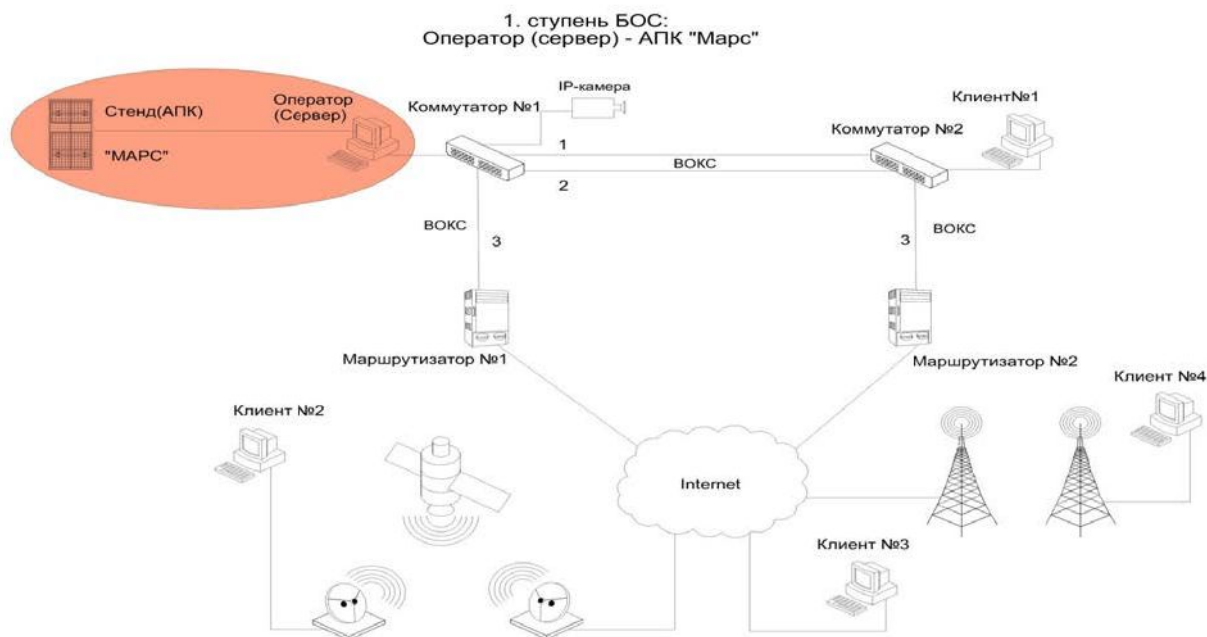


Рис. 1 Структурная схема 1-й ступени

- 2-я ступень состоит из 2-х подступеней:
 - а) работа удалённого ПК врача в ВОКС с АПК «МАРС» (в этом случае ПК медперсонала служит посредником для работы с АПК «МАРС») (рис. 2);
 - б) работа удалённого ПК врача в комплексе РААС с АПК «МАРС» в случае обрыва ВОКС (в этом случае ПК медперсонала служит посредником для работы с АПК «МАРС») (рис. 3);
- 3-я ступень - работа удалённого ПК врача в комплексе РААС с АПК «МАРС» (в этом случае ПК медперсонала служит посредником для работы с АПК «МАРС») (рис. 4).

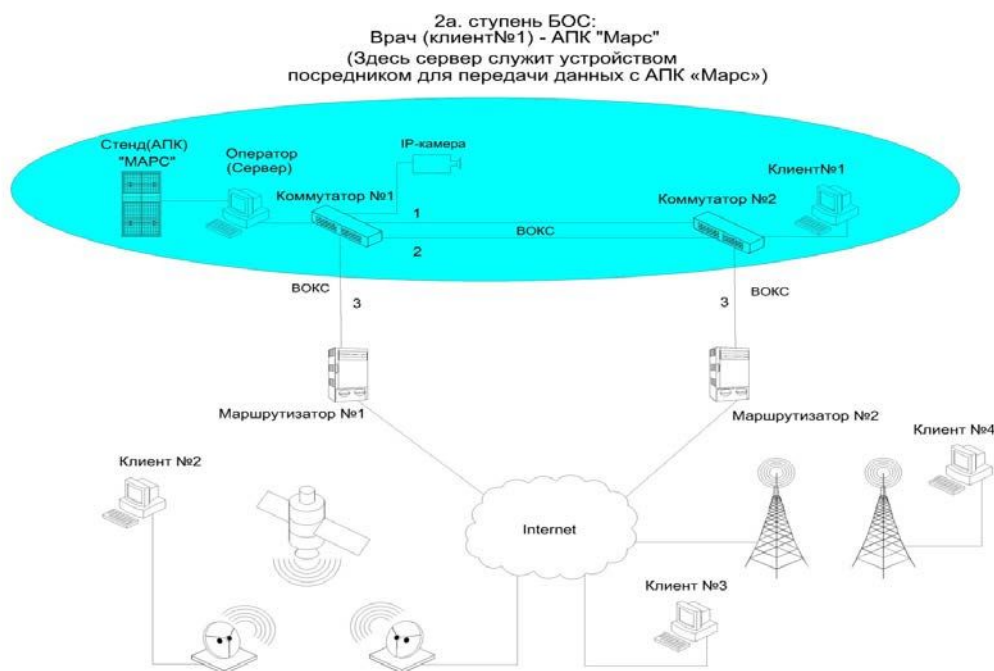


Рис. 2 Структурная схема 2-й ступени «а»

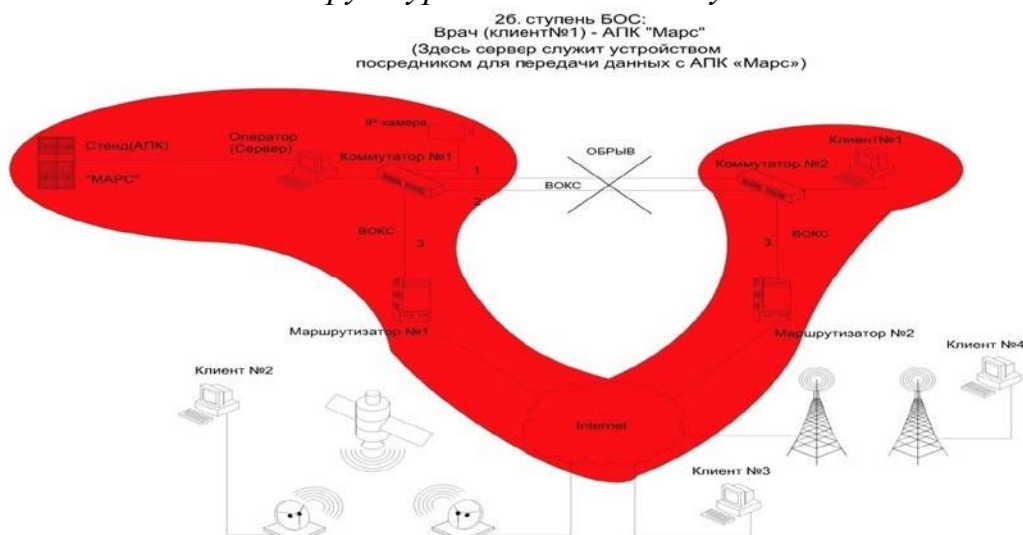


Рис. 3 Структурная схема 2-й ступени «б»

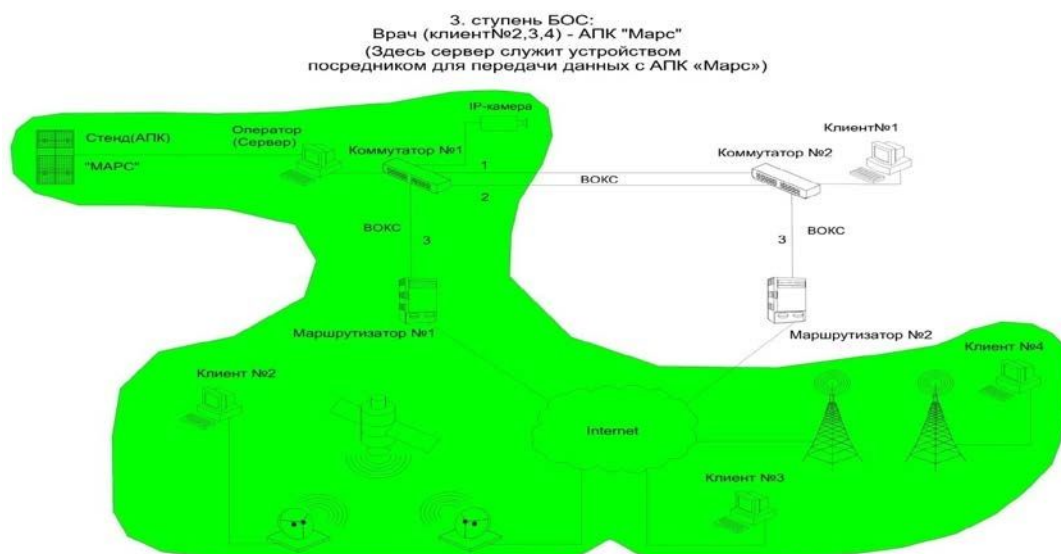


Рис. 4. Структурная схема 3-й ступени

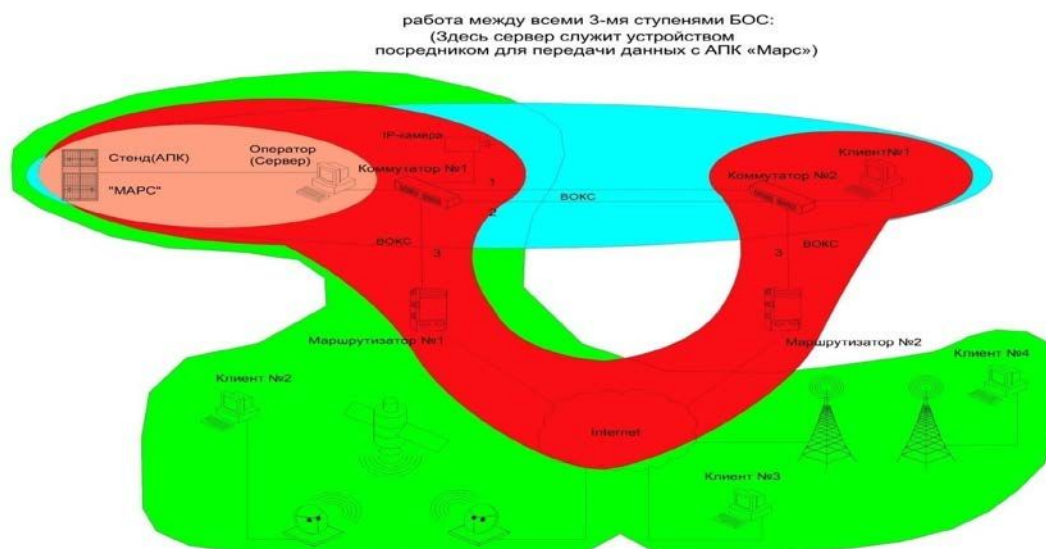


Рис. 5. Структурная схема всех 3-х ступеней

Также есть возможность межступенчатой работы, что позволяет работать в режиме конференции:

- работа между ступенями 1 и 2, а, б. Методика 1 и 2, а, б ступени это взаимодействия между медперсоналом и врачом с удалённого доступа через ВОКС. В случае обрыва ВОКС взаимодействие производится через комплекс РААС;
- работа между ступенями 1 и 3. Методика 1 и 3 ступени это взаимодействия между медперсоналом и врачом с удалённого доступа через комплекс РААС;
- работа между ступенями 2, а, б и 3. Методика 2, а, б и 3 ступени - это взаимодействия между 2-мя и более врачами на удалённых рабочих станциях;
- работа между всеми точками доступа через ВОКС и комплекс РААС;
- трехступенчатое взаимодействие, обеспечивающее организацию полноценной конференции. Использование методики всех 3-х ступеней позволяет расширить методику БОС до методики БОСК (биологическая обратная связь с функцией конференции), где принятие решения осуществляется коллективно (см. рис. 5).

Библиографический список

1. Храмцов П. Б., Брик С. А., Русак А. М., Сурин А. И. Основы web-технологий. – М.: Издательство «Интернет-университет информационных технологий – ИНТУИТ.ру», 2003.
2. Норенков И. П., Трудоношин В.А. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000.
3. Пескова С. А., Кузин А. В., Волков А. Н. Сети и телекоммуникации. М.: Academia, 2006.
4. Семенов Ю.А. Протоколы Интернет. М.: Горячая Линия–Телеком, 2005.

5. Карагузов Т.И., Коваленко С.М., Малахов А.В., Макаревич А.В. Разработка стенда АПК «МАРС» для тестирования, диагностики и терапии пациента с удалённой точки доступа и связи с врачом в реальном масштабе времени. // Труды третьей Всероссийской конференции. Стандартизация информационных технологий и интероперабельность. – М.: ВВЦ, 27 октября 2008 г.

6. Карагузов Т.И., Коваленко С.М., Макаревич А.В., Малахов А.В. Разработка АРМ АПК «МАРС» для диагностики и терапии пациента с удалённой точки доступа в реальном масштабе времени // Теоретические вопросы вычислительной техники и программного обеспечения: Межвузовский сборник научных трудов. – М.: МИРЭА, 2010 г. – с. 39-43.

УДК: 005

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ РЫНКА КОНВЕРСИОННОЙ ПРОДУКЦИИ В РОССИИ

Печенев А.А., студент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Развитие конверсионного производства приобретает решающее значение для завоевания конкурентных позиций предприятиями оборонно-промышленного комплекса (ОПК).

ОПК развивается в основном на базе собственных ресурсов, что не соответствует ни потребностям обороны, ни задаче становления высокотехнологичного бизнеса.

Предприятия используют в основном научно-технический и производственный задел прошлых десятилетий; их способность разрабатывать и выпускать конкурентоспособную продукцию (в том числе указанную в Государственной программе вооружения) деградирует.

Существующая налоговая система является "недружественной" по отношению к высокотехнологичному комплексу.

При обеспечении устойчивого развития конверсионного производства предприятия ОПК предлагается проводить мониторинговое исследование для каждого типа конверсионной продукции.

Существование на предприятиях ОПК двух сфер деятельности (оборонного и конверсионного производства) обуславливает необходимость комплексного подхода к планированию производства. Требуется улучшение системы патентования открытий и изобретений.

Требуется рациональное предоставление исполнителю права собственности на результаты и расширение права научно-производственных коллективов по передаче «ноу-хау» в гражданский сектор.

Необходимо на основе совершенствования информационных технологий добиться общедоступности и ускорения этапа диффузии результатов военных НИОКР, не имеющих оборонного значения.

В подразделениях, работающих с конкретными сегментами рынка необходимо создавать маркетинговые группы, которые могли бы обеспечивать конструкторов нужной информацией для генерации рациональных идей. Эти группы должны иметь двойное подчинение: отделу маркетинга, отвечающему за перспективное планирование маркетинга, и научно-техническому подразделению.

Управление бизнес-процессами создания конверсионной продукции на наукоемких предприятиях – идеальный инструмент менеджмента, не только снижающий непроизводительные затраты, но и повышающий качество продукции за счет использования всех ресурсов предприятия, в первую очередь научно-технического задела, инструмент, позволяющий иметь полную информацию о текущем процессе конверсии и бизнеса в целом, а также принимать своевременные и стратегически верные решения.

Требуются своевременная разработка ряда новых нормативных документов и внесение изменений и дополнений в действующее законодательство.

Для осуществления более глубокой увязки интеграционных процессов в ОПК с планами военного строительства необходимо обеспечить при создании интегрированных структур оптимальное сочетание экономической целесообразности и оборонной необходимости государства.

В выполнении мероприятий по развитию ОПК принимают участие 23 федеральных органа исполнительной власти, государственные корпорации «Росатом» и «Ростехнологии» и организации ОПК.

Около 30% продукции ОПК производится на рынок в интересах гражданских сфер экономики, в том числе с использованием технологий двойного назначения.

В реализации мероприятий первой федеральной целевой программы развития ОПК на период до 2015 года (далее – ФЦП-2015) приняли участие более 500 организаций научной и промышленной сферы ОПК. Введено более 180 объектов производственной и испытательной базы для организации серийного производства.

В целях создания условий для сохранения и развития потенциала ОПК используются бюджетные инструменты адресного характера: взносы в уставный капитал организаций; различного вида субсидии, в том числе на техническое перевооружение и закупку оборудования, поддержку экспортеров промышленной продукции с целью предупреждения банкротства и федеральным казенным предприятиям; государственные гарантии по кредитам.

Библиографический список

1. Баранов А. С. Развитие системы менеджмента качества промышленного предприятия в условиях неравновесности: автореф... канд. экон. наук: 08.00.05 / А. С. Баранов; Саратов. гос. соц.-экон. ун-т. - Саратов: Издательский центр Саратов. гос. соц.-экон. ун-та, 2008. - 18 с. У9(2)30я0 Б 24
2. Логанина В. И. Системы качества: учеб. пособие / В. И. Логанина, А. А. Федосеев. - М.: Книжный Дом Университет, 2008. - 358 с. У9(2)29 Л 69
3. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: учеб. / М. М. Кане [и др.]. - СПб. [и др.]: Питер, 2009. - 559 с. У9(2)29 С 40
4. Управление освоением конверсионной продукции на наукоемких предприятиях : монография / Ю.П. Анисимов [и др.] ; под ред. Ю.П. Анисимова. – Воронеж : Научная книга, 2009. – 407 с.
5. <http://www.v-itc.ru/investregion/2009/04/pdf/2009-04-21.pdf>

УДК: 65.012.123:65.012.122:65.012.26

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Сидорин А.В., доцент, к.т.н., МГТУ МИРЭА, Россия

Радиоэлектронные средства (РЭС) – продукция наукоемкая, технически и технологически сложная и требующая значительных затрат материальных, временных и интеллектуальных ресурсов на всех этапах жизненного цикла. В связи с этим особую актуальность приобретает оценка и прогнозирование рентабельности ее производства и выпуска на ранних этапах жизненного цикла, в особенности, на этапах проектирования и разработки [1-3].

Обеспечение конкурентоспособности РЭС как деятельность, направленную на приобретение и удержание конкурентных преимуществ, и характеризующуюся численным значением и направленностью на ту или иную группу потребителей, целесообразно представить векторной величиной – вектором комплексного показателя свойств продукции - вектором КПСП (рис.1). Вектор КПСП - векторное произведение двух взаимноперпендикулярных векторов: вектор «цена» (или «ценовой вектор») и вектор «качество»:

$$\bar{S} = \bar{S}^* + j\bar{S}^{**} = |\bar{S}|e^{\delta} = |\bar{C}| |Q| e^{(\alpha+\varphi)} \quad (1)$$

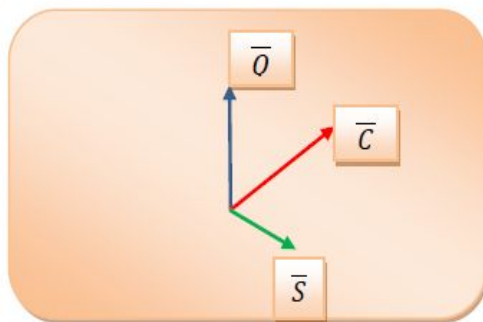


Рис.1 Вектор комплексного показателя свойств продукции $\bar{S}$ – векторное произведение ценового вектора $\bar{C}$ и вектора качества $\bar{Q}$ анализируемой инновационной продукции.

Векторный характер цены и качества продукции определяет их направленность, ориентированность на определенную группу или группы потребителей. Ценовой вектор $\bar{C}$ – комплексная величина, состоящая из действительной и мнимой частей:

$$\bar{C} = \bar{C}^* + j\bar{C}^{**} = |\bar{C}|e^{j\alpha}, \quad (2)$$

где $\bar{C}^*$ – действительная часть представляет собой себестоимость продукции, $\bar{C}^{**}$ – мнимая, цену продукции, а аргумент α – место в конкурентной среде.

Комплексный характер вектора качества отражает совокупность всех свойств продукции – явных и скрытых:

$$\bar{Q} = \bar{Q}^* + j\bar{Q}^{**} = |\bar{Q}|e^{j\varphi}, \quad (3)$$

где $\bar{Q}^*$ – действительная часть представляет заявленные показатели качества продукции, $\bar{Q}^{**}$ – мнимая, дополнительные возможности продукции, присущие, но не заявленные изготовителем, а аргумент φ – соотношение показателей качества анализируемой и аналогичной продукции на рынке.

Действительная часть вектора качества – это совокупность показателей качества, заявленных разработчиком и регламентированных нормативными документами. Его мнимая часть – совокупность дополнительных свойств, возможностей продукции, ей присущих, но не заявленных разработчиком, а также различные возможные варианты исполнения продукции, опции.

Действительная часть $\bar{C}^*$ ценового вектора – нормированная к цене продукции-аналога C_0^* разность между ценой продукции-аналога C_0^* и себестоимостью инновационной анализируемой продукции C^* :

$$\bar{C}^* = \frac{C_0^* - C^*}{C_0^*} = 1 - \frac{C^*}{C_0^*} \quad (4)$$

Ее значение определяет позицию создаваемой продукции в конкурентной среде по ценовому соотношению с аналогичной продукцией. Мнимая часть ценового вектора $\bar{C}^{**}$ – это разность между ценой продукции-аналога C_0^* и ценой инновационной анализируемой продукции C^{**} , нормированная к цене продукции-аналога C_0^* :

$$\bar{C}^{**} = \frac{C_0^* - C^{**}}{C_0^*} = 1 - \frac{C^{**}}{C_0^*} \quad (5)$$

Разность между ценой анализируемой продукции и ценой продукции-аналога определяет диапазон возможных вариаций цен на продукцию, затрат на ее создание и ее допустимые изменения со временем, а в целом - стратегию и ценовую политику предприятия в отношении данной продукции.

Комплексный характер ценового вектора подчеркивает то, что себестоимость продукции, определяемая объективными показателями – трудоемкостью разработки и производства, производительностью труда на предприятии, накладными расходами и др. – это объективная действительная количественная характеристика продукции. Тогда как цена продукции, определяемая в первую очередь ее себестоимостью, зависит и от недетерминированных параметров внешней среды: цены аналогичной продукции, спроса на продукцию, предпочтениями той или иной группы потребительской среды, степенью насыщенности рынка аналогичной продукцией, или, напротив, ее уникальностью, совокупностью показателей качества.

Модуль комплексного ценового вектора

$$|\bar{c}| = \sqrt{(\bar{c}^*)^2 + (\bar{c}^{**})^2} = \sqrt{\left(\frac{c_0^* - c^*}{c_0^*}\right)^2 + \left(\frac{c_0^* - c^{**}}{c_0^*}\right)^2}$$

характеризует количественно позицию создаваемой или выпускаемой продукции в ценовом диапазоне на рынке аналогичной продукции, место на ценовой шкале среди продукции конкурентов, а также возможности предприятия по увеличению или снижению цены на продукцию в зависимости от спроса и конкурентоспособности (рис.2). Значение модуля ценового вектора прямо пропорционально экономической эффективности анализируемой инновационной продукции, т.к. представляет собой количественную оценку отличия в меньшую сторону себестоимости и цены анализируемой продукции от продукции, выбранной в качестве базы для сравнения, т.е. – от продукции-аналога.

Аргумент ценового вектора на комплексной плоскости совместно с его модулем представляет собой инструмент анализа конкурентоспособности продукции на основании сравнения ее по себестоимости, цене и, соответственно, возможной прибыли от реализации с продукцией-аналогом, в качестве которого выбирается либо конкретная продукция, либо обобщенный представитель функционального аналога.

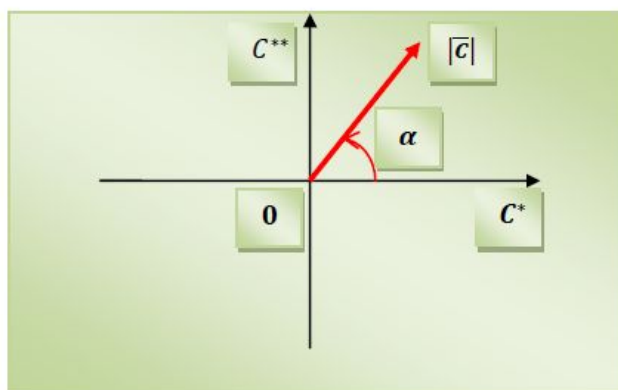


Рис.2 Модуль и аргумент комплексного ценового вектора инновационной продукции на комплексной плоской как инструмент анализа и прогноза ее конкурентоспособности

Аргумент комплексного ценового вектора $\alpha = \text{Arctg}\left(\frac{C^{**}}{C^*}\right)$ содержит информацию о соотношении цен анализируемой продукции (создаваемой или выпускаемой) и о тенденции ее изменения. На комплексной плоскости с координатами C^*0C^{**} значения модуля и аргумента ценового вектора позволяют анализировать различные возможные состояния и моделировать варианты ценовой политики предприятия в отношении разрабатываемой и/или выпускаемой продукции (рис. 2).

Основные характерные значения модуля ценового вектора при различных значениях аргумента на комплексной плоскости позволяют при анализе целесообразности разработки и производства инновационной продукции и при оценке ее конкурентоспособности сделать следующие выводы (табл.1).

Таблица 1 – Анализ и прогноз конкурентоспособности продукции по комплексному ценовому вектору

№	Аргумент комплексного ценового вектора продукции	Компоненты ценового вектора продукции	Анализ ценового соотношения разрабатываемой продукции с ценой аналога	Варианты принятия решения (прогноз конкурентоспособности)
	$\pi/2 > \alpha > 0$	$C^* < C_0^*$, $C^{**} = C_0^*$	1. Себестоимость продукции меньше цены аналога. 2. Цена равна цене аналога.	Разработка и производство продукции рентабельна. Продукция конкурентоспособна.
	$\pi > \alpha > \pi/2$	$C^{**} < C_0^*$, $C^* > C_0^*$	1. Себестоимость продукции меньше цены аналога. 2. Цена анализируемой продукции больше цены аналога.	Разработка и производство продукции нерентабельны.
	$\pi < \alpha < 3\pi/2$	$C^{**} > C_0^*$, $C^* > C_0^*$	Себестоимость и цена продукции больше цены аналога.	Разработка и производство продукции нерентабельны. Продукция может быть конкурентоспособной при условии превосходства над аналогичной продукцией по показателям качества.
	$3\pi/2 < \alpha < 2\pi$	$C^{**} > C_0^*$, $C^* < C_0^*$	Себестоимость продукции меньше цены аналога, а цена – больше	Разработка и производство продукции рентабельны. Продукция конкурентоспособна.

Библиографический список

1. Сидорин А.В., Макарова Н.С. Модель и функции системы менеджмента устойчивого развития предприятия // Современные исследования со-

циальных проблем (электронный научный журнал). – 2012. - №4(12), www.sisp.nkras.ru.

2. Сидорин В.В. Система менеджмента устойчивого развития предприятий оборонно-промышленного комплекса, часть 1 // Методы менеджмента качества.- 2012. - №1, с.14-17.

3. Сидорин В.В. Система менеджмента устойчивого развития предприятий оборонно-промышленного комплекса, часть 2 // Методы менеджмента качества. - 2012 №2, с.16-22.

УДК: 65.012.123:65.012.122:65.012.26

ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ВЕКТОРУ КАЧЕСТВА

Сидорин А.В., доцент, к.т.н., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Оценка конкурентоспособности радиоэлектронных средств (РЭС) как часть деятельности, направленной на приобретение и удержание конкурентных преимуществ, по комплексному вектору показателя свойств продукции (КПСП) - вектору $\bar{S}$, основана на определении двух его составляющих: ценового вектора и вектора качества [1]:

$$\bar{S} = \bar{S}^* + j\bar{S}^{**} = |\bar{S}|e^{\delta} = |\bar{C}||\bar{Q}|e^{(\alpha+\varphi)} \quad (1)$$

В работе [2] рассмотрен подход к прогнозированию конкурентоспособности радиоэлектронных средств по комплексному ценовому вектору. Вторая часть вектора КПСП - вектор качества и его составляющие определяются следующим образом. Вектор качества $\bar{Q}, \bar{Q}$ ориентированный, как и ценовой вектор, либо на всю потребительскую среду, либо на определенную группу или группы потребителей, – величина комплексная, состоит из действительной и мнимой составляющих:

$$\bar{Q} = \bar{Q}^* + j\bar{Q}^{**} = |\bar{Q}|e^{j\varphi} \quad (2)$$

Действительная часть $\bar{Q}^*$ вектора качества – это объективное качество РЭС, обусловленное совокупностью свойств, присущих данной продукции, сформированных в процессе ее создания и заявленное предприятием-изготовителем (дистрибьютором) в нормативных документах.

Мнимая компонента вектора качества $\overline{Q^{**}}$ – совокупность присущих РЭС дополнительных свойств и возможностей, опций, вариантов исполнения, производственных запасов, однако не заявленных разработчиком, предприятием-изготовителем и/или дистрибьютором.

И действительная и мнимая компоненты вектора качества – это либо единичный/единичные, либо комплексные, либо интегральные показатели качества РЭС.

Нормированная действительная часть Q^* вектора качества – это значения показателей качества, нормированные к значениям соответствующих показателей качества продукции-аналога (продукции-конкурента) Q_0^* :

$$\overline{Q^*} = \frac{q^* - q_0^*}{q_0^*} = \frac{q^*}{q_0^*} - 1 \quad (3)$$

Ее значение определяет позицию создаваемой продукции в конкурентной среде по соотношению показателей качества аналогичной продукции.

Мнимая часть нормированного вектора качества $\overline{Q^{**}}$ – это разность между значениями дополнительных показателей качества продукции, характеризующих ее скрытые или дополнительные свойства и возможности, опции, варианты исполнения Q^{**} и показателями качества продукции-аналога (продукции предприятий-конкурентов), отнесенная к показателям значениям качества продукции-аналога Q_0^* :

$$\overline{Q^{**}} = \frac{q^{**} - q_0^*}{q_0^*} = \frac{q^{**}}{q_0^*} - 1 \quad (4)$$

Смысл мнимой величины вектора качества заключается в том, что разность между значениями дополнительных, неявных или скрытых показателей качества анализируемой продукции и показателями качества продукции-аналога определяет диапазон возможных вариаций в выборе потребительской среды, расширение рынка сбыта, области применения, а в целом - стратегию предприятия.

Комплексный характер вектора качества подчеркивает то, что в полной мере продукция характеризуется не только заявленными значениями показателей качества, но и скрытыми, неявными свойствами и возможностями, а также и дополнительными вариантами исполнения, опциями, расширяющими возможности продукции в базовом исполнении.

Модуль комплексного вектора качества

$$|\overline{Q}| = \sqrt{(\overline{Q^*})^2 + (\overline{Q^{**}})^2} = \sqrt{\left(\frac{q^*}{q_0^*} - 1\right)^2 + \left(\frac{q^{**}}{q_0^*} - 1\right)^2} \quad (5)$$

характеризует количественно позицию создаваемых РЭС по показателям качества на рынке в сравнении с аналогичной продукцией,

Аргумент вектора качества φ на комплексной плоскости совместно с его модулем представляет собой инструмент анализа конкурентоспособности РЭС на основании сравнения ее по показателям качества с продукцией-аналогом, в качестве которого выбирается либо конкретная продукция, либо обобщенный представитель функционального аналога. Сравнение продукции с аналогом только по показателям качества без учета ценовых характеристик допустимо выполнять при анализе конкурентоспособности продукции оборонного назначения.

Аргумент комплексного вектора качества $\varphi = \text{Arctg}\left(\frac{q^{**}}{q^*}\right)$ содержит информацию о соотношении значений показателей качества анализируемой и аналогичной продукции на рынке и о тенденции его изменения.

Основные характерные значения модуля ценового вектора при различных значениях аргумента на комплексной плоскости позволяют при анализе целесообразности разработки и производства РЭС сделать следующие выводы. (табл.2). Различные по уровню качества и конкурентоспособности состояния продукции в таблице выделены тремя цветами.

Зеленый соответствует положительной оценке перспективности производства РЭС.

Сочетание значений показателей качества, оцениваемое как неэффективное, однако и как возможно конкурентоспособное в случае превосходства анализируемой продукции над аналогом по ценовым показателям, выделено желтым цветом. Розовым цветом выделены такие сочетания значений аргумента и нормированных показателей качества, которые свидетельствуют о неэффективности создания продукции.

Таблица 2 – Анализ и прогноз конкурентоспособности продукции по комплексному вектору качества

№	Аргумент комплексного вектора качества анализируемой продукции	Компоненты вектора качества анализируемой продукции	Анализ соотношения показателей качества анализируемой и аналогичной продукции	Варианты принятия решения (прогноз конкурентоспособности)
1.	$\pi/2 > \varphi > 0$	$Q^* < Q_0^*,$ $Q^{**} = Q_0^*.$	По заявленным показателям качества РЭС превосходит аналог. По дополнительным возможностям, опциям – находится на уровне аналога.	Разработка и производство РЭС целесообразно. РЭС конкурентоспособна даже при большей, чем у аналогов цене и себестоимости.

2.	$\varphi = \pi/2$	$Q^{**} > Q_0^*,$ $Q^* = Q_0^*.$	1. По основным показателям качества анализируемая продукция находится на уровне продукции-аналога. 2. По дополнительным показателям качества анализируемая продукция превосходит продукцию-аналога.	Разработка и производство продукции перспективна. Продукция конкурентоспособна. Выбор потребителей, возможно, выполнен неверно, т.к. не все преимущества продукции востребованы.
3.	$\pi > \varphi > \pi/2$	$Q^{**} > Q_0^*,$ $Q^* < Q_0^*.$	По основным показателям качества РЭС уступает аналогу. По дополнительным параметрам РЭС превосходит аналог.	Создание РЭС перспективно с ориентацией на более широкий диапазон требований. Возможно нерациональное распределение ресурсов и неверный выбор потребителей.
4.	$\frac{3\pi}{2} > \varphi > \pi$	$Q^{**} = Q_0^*,$ $Q^* < Q_0^*.$	По основным показателям качества РЭС уступает аналогу. По дополнительным возможностям РЭС на уровне аналога.	Неправильный выбор базы для сравнения – продукции-аналога. Нерациональное распределение ресурсов при разработке РЭС. Неоптимальное техническое решение - РЭС. Неверный выбор потребителей. Разработка и производство РЭС неэффективны за исключением случаев ее превосходства по экономическим параметрам.
5.	$3\pi/2 < \varphi <$	$Q^{**} < Q_0^*,$ $Q^* > Q_0^*.$	По основным показателям качества РЭС превосходит аналог. По дополнительным возможностям РЭС аналогу уступает.	Создание и реализация РЭС может быть эффективной, если по ценовым показателям будет лучше аналога..

Представленный подход к оценке и анализу конкурентоспособности РЭС позволяет обоснованно разрабатывать инновационную стратегию предприятия и обеспечивать устойчивое развитие предприятия [3-5].

Библиографический список

1. Сидорин А.В. Анализ и прогнозирование конкурентоспособности инновационной продукции // Интернет-журнал «Наукovedение». 2012 №1 (14) [Электронный ресурс].-М. 2013- Ид. номер ФГУП НТЦ "Информрегистр" 0421100136008. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/sbornik6/4.pdf>, свободный – Загл. с экрана.
2. Сидорин А.В. Анализ и прогнозирование конкурентоспособности радиоэлектронных средств на этапе проектирования. Доклад на конференции «Радиоинфоком-2013».
3. Сидорин А.В., Макарова Н.С. Модель и функции системы менеджмента устойчивого развития предприятия // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – 2012, №4(12), www.sisp.nkras.ru.
4. Сидорин В.В. Система менеджмента устойчивого развития предприятий оборонно-промышленного комплекса, часть 1 // Методы менеджмента качества.- 2012. - №1,. – с.14-17.
5. Сидорин В.В. Система менеджмента устойчивого развития предприятий оборонно-промышленного комплекса, часть 2 // Методы менеджмента качества. - 2012 №2. – с.16-22.

УДК: 65.012.123:65.012.122:65.012.26

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ СРЕДЫ

Сидорин А.В., доцент, к.т.н., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

*Сидорин В.В., проректор по качеству, д.т.н., профессор,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Эффективность инновационной стратегии предприятия радиоэлектронного комплекса России (РЭК) в значительной степени определяется обоснованностью и своевременностью принятия решения о создании и предложении потребителям новой продукции [1-5]. Это обуславливает актуальность разработки методов анализа и прогнозирования конкурентоспо-

способности инновационной продукции предприятий РЭК. Представленный подход к оценке конкурентоспособности продукции основан на анализе ее восприятия потребителями. В его – понятие потребительской среды и ее модель. Потребительская среда рассматривается как некоторая совокупность потребителей, характеризующаяся двумя параметрами: комплексным показателем ценовых возможностей и комплексным показателем восприятия качества продукции. Потребительская среда состоит из множества потребителей, стратифицированных по группам в зависимости от степени общности восприятия продукции. Общность восприятия определяется значениями показателей восприимчивости цены и качества. Интегральная характеристика потребительских возможной по отношению к предлагаемой продукции - групповой показатель потребления. Отнесение потребителей к той или иной потребительской определяется критериальным параметром R . Произвольное, в общем случае, число возможных групп в потребительской среде в рассматриваемом примере реализации предложенной модели ограничено четырьмя основными из них, структурированными по потребительским возможностям и приоритетам по отношению к предлагаемой продукции. Каждая из групп в потребительской среде характеризуется групповым показателем потребления продукции p_n (рис.1). Для каждой из четырех групп потребительской среды таким критериальным параметром R_n является: R_1 – качество; R_2 – соотношение «качество-цена»; R_3 – соотношение «цена-качество»; R_4 – цена. Последовательное расположение потребительских групп моделирует то обстоятельство, что первыми потребителями новой и обладающей более широкими возможностями и, как правило, более дорогой продукции становятся потребители с более высокими требованиями к качеству и большими материальными возможностями. «Поглощение» новой продукции конкурентной средой происходит последовательно, от слоя к слою, как показано на модели, представленной на рис.1.

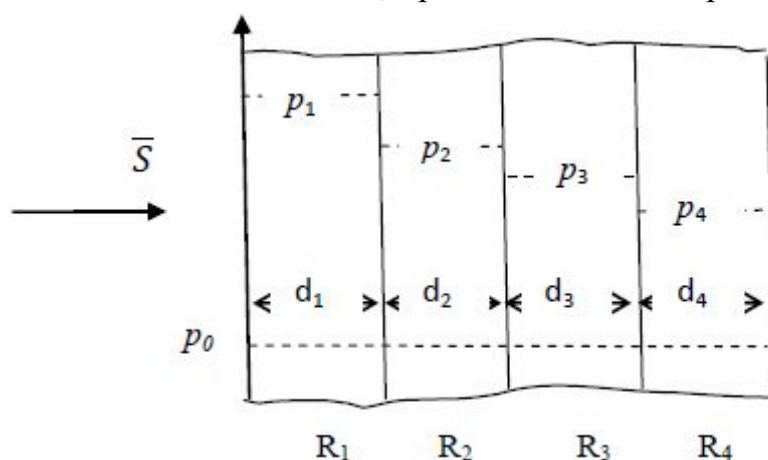


Рис. 1 Структура потребительской среды и ее параметры

Потребительская способность каждой из потребительских групп количественно оценивается групповым показателем потребления продукции p_n , значение которого от первого к четвертому слою на представленной модели снижается. Встречая новую продукцию, первая группа потребительской среды (R_1 – качество) его анализирует по единственному критерию - «качество», отдавая ему предпочтение новой продукции при любых других условиях и не считаясь с ее ценой. Эта группа охватывает широкий спектр возможных потребителей. К этой группе потребителей могут быть отнесены как индивидуальные потребители, не стесненные в средствах, так и потребители такой наукоемкой высокотехнологичной продукции, как изделия военного и двойного назначения - предприятия РЭК, другие предприятия оборонно-промышленного комплекса и организации государственной сферы экономики.

Вторая группа потребителей (для которой критерий R_2 – это соотношение «качество-цена»), анализируя продукцию, отдает предпочтение качеству, при этом, однако, учитывает и экономическую составляющую в оценке целесообразности ее приобретения и экономическую эффективность от ее приобретения. Для многих видов продукции это, возможно, самая многочисленная группа потребителей, предъявляющих не только высокие требования к качеству продукции, но и оценивающих затраты и экономический эффект от ее приобретения и применения.

Не менее обширна и третья группа потребителей (для которой критерий R_3 – соотношение «цена-качество»), для которой вместе с потребностью и возможностью приобретения качественной продукции, определяющим и критериальным параметром является цена как мера доступности продукции.

Четвертая группа в потребительской среде рассматривает новую продукцию с позиции своих материальных возможностей, ориентируясь в потреблении по цене продукции. Для данной группы потребителей только цена определяет доступность и возможность приобретения продукции без каких-либо требований к качеству.

Если критериальный параметр R определяет условие структурирования потребительской среды по группам, то второй интегральный параметр для каждой из групп потребительской среды, - групповой показатель потребления – характеризует степень потребления продукции в каждой из групп, интенсивность «поглощения» предлагаемой продукции в каждом из «слоев» стратифицированной потребительской среды. Групповой показатель потребления - количественный показатель, параметр, связывающий следующим соотношением отдельные свойства потребительской среды в каждой из групп:

$$p_n = |\tilde{k}_n| d_n T_n, \quad (1)$$

где $|\tilde{k}_n|$ – модуль комплексного показателя востребованности продукции (КВПП) потребительской средой $\tilde{k}_n = |\tilde{c}_n| |\tilde{q}_n| e^{j(\gamma+\psi)}$ ($\tilde{k}_n$ характеризует уровень потребительских возможностей в n -й потребительской группе);

d_n - число потребителей в n -й потребительской группе; T_n - покупательская способность потребителя в n -й потребительской группе.

После «поглощения» продукции n -м слоем к следующей потребительской группе поступает оставшееся от N_0 начального числа количество единиц продукции:

$$N_n = N_0 \prod_{n=2}^{n-1} [1 - p_{(n-1)}] \quad (2)$$

В комплексный показатель востребованности продукции входят сомножителями комплексный показатель ценовых возможностей $\tilde{c}_n = \tilde{c}_n^* + j\tilde{c}_n^{**} = |\tilde{c}_n|e^{j\psi}$ и комплексный показатель восприимчивости качества предлагаемой продукции $\tilde{q}_n = \tilde{q}_n^* + j\tilde{q}_n^{**} = |\tilde{q}_n|e^{j\psi}$.

Действительная часть показателя ценовых возможностей $\tilde{c}_n^*$ - это разность между максимальной ценой c_n^* , которую могут за продукцию заплатить потребители n -й потребительской группы, и минимальной ценой аналогичной продукции c_0 на рынке, нормированная к минимальной цене аналогичной продукции на рынке:

$$\tilde{c}_n = \frac{c_n^* - c_0}{c_0} = \frac{c_n^*}{c_0} - 1 \quad (3)$$

Мнимая часть показателя ценовых возможностей $\tilde{c}_n^{**}$ - это разность между предпочтительной ценой на продукцию c_n^{**} для n -й потребительской группы и минимальной ценой аналогичной продукции c_0 на рынке, нормированная к минимальной цене аналогичной продукции на рынке:

$$\tilde{c}_n^{**} = \frac{c_n^{**} - c_0}{c_0} = \frac{c_n^{**}}{c_0} - 1 \quad (4)$$

Действительная часть комплексного показателя восприятия качества продукции $\tilde{q}_n^*$ выражает восприятие качества продукции потребительской средой по одному или нескольким показателям качества в сравнении с аналогичной продукцией. Поэтому и результат сопоставления единичных, комплексных или интегральных показателей $\tilde{q}_n^*$ определяется как нормированная к показателям качества продукции-аналога q_0 разность между требованиями потребительской среды к показателям качества продукции q_n^* и показателями качества известной продукции q_0 :

$$\tilde{q}_n = \frac{q_n^* - q_0}{q_0} = \frac{q_n^*}{q_0} - 1 \quad (5)$$

Мнимая часть комплексного показателя восприятия качества продукции $\tilde{q}_n^{**}$ выражает отношение потребительской среды к дополнительным возможностям продукции, вариантам исполнения, опциям. Определяется она также в сравнении с параметрами известной аналогичной продукции и выражает ожидания потребителей в превосходстве по дополнительным возможностям новой продукции. Результат ожидаемого превосходства в качестве выражается как нормированная к показателям качества продукции-аналога q_0 разность между ожиданиями потребителей дополнительных параметров или возможностей от инновационной продукции потребительской средой и показателями качества продукции-аналога q_0 :

$$\tilde{q}_n = \frac{\tilde{q}_n^{**} - q_0}{q_0} = \frac{\tilde{q}_n^{**}}{q_0} - 1 \quad (6)$$

Представленная модель потребительской среды и подход к оценке конкурентоспособности инновационной продукции с позиции потребителей дополняет аналитический подход к оценке и прогнозированию конкурентоспособности создаваемой или уже выпускаемой инновационной продукции с позиции ее создателя – разработчика [1]. Представляя собой две взаимодополняющие части комплексного метода анализа и прогнозирования конкурентоспособности продукции, они развивают методы квалиметрии в направлении повышения объективности и воспроизводимости результатов оценки. Особое значение такой прогноз на ранних этапах жизненного цикла имеет для сложной наукоемкой продукции. Практическое значение подхода к оценке и прогнозированию конкурентоспособности инновационной продукции на основе анализа ее восприятия потребительской средой - в применении в стратегическом планировании и обеспечении устойчивого развития предприятия.

Библиографический список

1. Сидорин А.В. Анализ и прогнозирование конкурентоспособности инновационной продукции // Интернет-журнал «Наукоеведение». 2012 №1 (14) [Электронный ресурс].-М. 2013- Ид. номер ФГУП НТЦ "Информрегистр" 0421100136008. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/sbornik6/4.pdf>, свободный – Загл. с экрана.
 2. Сидорин А.В. Анализ и прогнозирование конкурентоспособности радиоэлектронных средств на этапе проектирования. Доклад на конференции «Радиоинфоком-2013».
 3. Сидорин А.В., Макарова Н.С. Модель и функции системы менеджмента устойчивого развития предприятия // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – 2012. - №4(12), www.sisp.nkras.ru.
 4. Сидорин В.В. Система менеджмента устойчивого развития предприятий оборонно-промышленного комплекса, часть 1 // Методы менеджмента качества.- 2012. - №1, с.14-17.
- Сидорин В.В. Система менеджмента устойчивого развития предприятий оборонно-промышленного комплекса, часть 2 // Методы менеджмента качества. - 2012 №2, с.16-22.

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА УСТОЙЧИВОГО УСПЕХА ПРЕДПРИЯТИЯ РАЗРАБОТЧИКА И ИЗГОТОВИТЕЛЯ ПРОДУКЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ ВОЕННОГО И ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Растатувев А.Н., студент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Залогом устойчивого успеха любой организации является ее способность отвечать потребностям и ожиданиям своих потребителей и других заинтересованных сторон на долговременной основе и сбалансированным образом. Устойчивого успеха можно добиться посредством эффективного менеджмента организации, путём осознания организацией среды своего существования, за счёт обучения и надлежащего применения улучшений и инноваций.

Организация должна развивать систему менеджмента качества с целью обеспечения:

- эффективного использования ресурсов;
- принятия решений, основанных на фактах;
- акцентировать внимание на удовлетворении запросов потребителей, а так же потребностей и ожиданий других заинтересованных сторон.

В данном случае будет рассматриваться система устойчивого успеха применительно к предприятию разработчику и изготовителю радиоэлектроники военного и двойного назначения.

На сегодняшний день предприятия военно-промышленного комплекса испытывают значительное количество проблем, среди которых:

- наличие малого числа заказов и недостаток финансирования как со стороны государства, так и со стороны частных инвесторов;
- нарушение процесса воспроизводства научно-технического и технологического потенциала;
- нарушение процесса воспроизводства кадрового потенциала;
- невозможность обеспечения требуемого уровня качества продукции.

В числе данных путей развития наиболее интересным и эффективным представляется вопрос внедрения системы устойчивого успеха организации применительно к кадрам.

В настоящее время подавляющее большинство предприятий военно-промышленного комплекса испытывает острую проблему, связанную с возрастом научно-конструкторских и производственных кадров, близким к пенсионному.

Вследствие нарушения преемственности знаний и опыта и продолжительного оттока квалифицированных специалистов за рубеж, трудностей,

связанных со сложностью привлечения новых работников, имеющих к тому же пониженный базовый уровень образования и профессиональной подготовки, сложилась сложная ситуация в сфере кадров. В настоящее время средний возраст работников радиоэлектронной промышленности – 47,5 лет, в то время как оптимальным является возраст 35-38 лет, существовавший в 80-е годы. Молодёжь в возрасте до 30 лет составляет лишь 16,4% от общего числа работников. Среди кандидатов наук лишь 17,7% в возрасте до 50 лет, докторов наук – 4,0%. И в то же время 57,6% кандидатов наук и 83% докторов наук – работающие пенсионеры.

В данных условиях наиболее перспективными путями достижения требуемого результата являются:

- повышение уровня подготовки специалистов на базовом уровне;
- финансовое стимулирование;
- передача опыта от старших работников более молодым (принцип наставничества);
- улучшения в социальной сфере.

Безусловно, существует множество способов достижения целей в области кадров. Решающим фактором всё же является финансовая сторона вопроса, ибо она является решающей для молодых специалистов при выборе места работы.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9004-2010
2. Вестник качества. №5. 2011

УДК: 330.173

ПЛАН РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Кузнецова Т.В., аспирант, МГТУ МИРЭА, Дубна, Россия
Ситникова И.В., аспирант, МГТУ МИРЭА, Дубна, Россия

Введение

Существуют два плана автоматизации: стратегический и оперативный. Стратегический план содержит следующие базовые принципы:

- цели;
- способ автоматизации (комплексная, частичная);
- долгосрочную техническую политику (стандарты);

- ограничения (финансовые, временные).

В оперативном плане определяются основные этапы автоматизации и сроки.

План внедрения состоит из пяти ступеней:

- 0 фаза – нулевой цикл;
- 1-фаза – автоматизация;
- 2 фаза – ввод в эксплуатацию;
- 3 фаза – оценка результата;
- 4 фаза – анализ текущего состояния.



0 фаза - нулевой цикл

Включает в себя:

- предварительное обследование и оценку состояния;
- предварительную подготовку;
- техническое задание;
- экономическое обоснование;
- организацию проекта;
- разработку целей.

По их результатам принимается решение о внедрении.

Рассмотрим их подробнее.

Предварительное обследование

Предварительное обследование предприятия проводит группа консультантов. Собирает детальную информацию о его структуре и деятельности. Полученные данные анализируются.

К этим данным относятся:

- наименование процесса;
- описание процесса;
- входные данные процесса;
- функции, которые контролируют выполнение процесса;

- исходящие документы;
- перечень подразделений и должностей (участвующих в процессе).

Для автоматизации процесса планирования входными данными являются:

- Сведения о потребностях и ожиданиях потребителей;
- Перспективный план развития предприятия;
- Политика предприятия в области качества;
- Результаты анализа СМК;
- Информация от потребителей;
- Решения балансовой комиссии, экономического совета, совета по качеству;
- Оперативно-календарный план.

Чтобы организовать эффективное управление данными, следует:

- провести подготовку персонала;
- распределить ответственность;
- обеспечить контроль.

Это самый трудоемкий этап внедрения.

На основе исследований строится модель. Реорганизация представляет собой переход от одной модели к другой и позволяет навести порядок в организации процессов.

Предварительная подготовка

Цель – объяснить руководству, что такое процесс внедрения. Руководителю предприятия следует понимать, что вначале сотрудники предприятия могут отнестись к этому с недовольством. Во-первых, им придется выполнять новую для них работу, а во-вторых возрастут требования и дисциплина.

Глобальные вмешательства в деятельность компании требуют работы психолога, который поможет создать в коллективе атмосферу максимально благоприятного отношения. Иногда такие функции приходится брать на себя руководителю.

Цель начальной переподготовки персонала – его обучение, непосредственно тех людей, которые затем будут работать с этой программой.

Техническое задание

Техническое задание – это набор документов и спецификаций, определяющих требования к программе. В него входят:

- требования к автоматизированным рабочим местам;
- требования к секретности и защите информации.

Для автоматизированных процессов необходимы конкретные требования и формы документов.

В составлении технического задания принимают участие специалисты обладающие необходимым опытом.

Результат – документ, в котором отражены перечисленные выше требования. После составления технического задания можно определить сроки и стоимость внедрения.

Экономическое обоснование

Анализ позволяет принимать обоснованные решения и вносить необходимые изменения.

Три основных аргумента в пользу автоматизации:

- уменьшается вероятность ошибки при расчетах и закрытии работ актами;
- руководство в любой момент имеет доступ к информации;
- существует возможность в режиме реального времени отслеживать выполнение работ и своевременно принимать меры.

Многие данные имеют психологический эффект и это дисциплинирует, т.к. с компьютером нельзя договориться (в нем указаны сроки сдачи работ) и в случае не выполнения он выделяет данную работу красным цветом, что является сигналом для руководства.

Организация проекта

Важнейшей целью организации проекта – является привлечение сотрудников предприятия в процесс внедрения. Это поможет лучше адаптировать программу на каждом конкретном участке.

Использование в разработке и внедрении сотрудников предприятия – это важный и необходимый шаг. От этого зависит успех автоматизации.

Разработка целей

Разработка целей - это четкое определение и описание качественных и количественных ожидаемых результатов. Это тот эффект, который руководители надеются получить от вложения средств в автоматизацию.

К счастью, многие российские предприятия осознали, что информация является одним из основных ресурсов, и ее необходимо рассматривать как важнейший элемент стратегического развития.

Выбор системы

Безусловно, это свободный выбор каждого, т.к. сейчас существует множество программ.

На ОАО «НИИ «Атолл» будем использовать программу Microsoft Access. Она не сложная в использовании, на русском языке, а так же входит в стандартный перечень программ Microsoft Office. Все это сокращает затраты на приобретение и установку программного обеспечения.

2 фаза – ввод в эксплуатацию

Для этого необходимо выполнить следующие работы:

- подготовка предприятия к вводу в действие;
- подготовка персонала;
- комплектация оперативной системы программой
- монтажные работы (прокладка сетевых кабелей или установка модемов);
- пусконаладочные работы;
- предварительные испытания;

- ввод в эксплуатацию.

Затем необходимо выбрать способ, с помощью которого персонал начнет работать в этой программе.

Рассмотрим три способа использования новой системы:

- Параллельное внедрение. Работая одновременно старой и на новой программе. В результате происходит постоянное сравнение. Недостаток – значительные трудозатраты и большие сроки внедрения.
- Скачок. “Завтра работаем на новой программе” Эффективно, но может привести к провалу.
- Скачок на одном производственном участке. Такой способ наиболее надежен и существенно снижает риск неудачи.

3 фаза – оценка результатов

Получение “обратной связи”. Полученные результаты сравниваются с целями, сформулированными в начале. Это позволяет понять, насколько успешен проект внедрения.

4 фаза – анализ текущего состояния

Анализ текущего состояния позволяет выявить какие задачи, и процессы выполнены эффективно, а какие требуют изменений и доработок.

Заключение

Для достижения поставленных целей необходима готовность самой организации к этим изменениям, осознание руководства и сотрудников предприятия, что эти изменения нужны, а также терпение и воля при проведении проекта внедрения.

Библиографический список

1. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. — М.: Дело, 1992 .
2. Румянцева З.П., Соломатин Н.А. Менеджмент организации. — М.: Инфра-М, 1995.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2001 Системы менеджмента качества «Требования» - Москва: 2001.
4. Стандарт предприятия СТП СМК 6.3-17-2007. Система менеджмента качества. Инфраструктура. Энергетическое оборудование. Техническое обслуживание и ремонт. – ФГУП «НИИ «Атолл»: 2007.

НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кузнецова Т.В., аспирант, МГТУ МИРЭА, Дубна, Россия
Ситникова И.В., аспирант, МГТУ МИРЭА, Дубна, Россия

Каждое предприятие, фирма или даже очень маленькая организация в своей основе имеет нормативно-методическую базу и чем сбалансированнее она будет, тем качественней и эффективней будет ее работа.

В контексте стандартов ИСО 9000 подготовка и использование документации имеет очень большое значение. Соответствующая документация необходима для выполнения следующих задач:

- достижение требуемого качества (продукции);
- оценка систем качества;
- улучшение качества;
- стабильность улучшений [1].

Рассмотрим нормативно-методическое обеспечение на примере такого высокотехнологичного предприятия как Научно-исследовательский институт «Атолл» (НИИ «Атолл»).

Для нормативно-методического обеспечения деятельности системы обеспечения человеческими ресурсами предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности необходимы следующие документы:

- комплекс положений, которые обеспечивают его организацию, позволяют четко установить порядок образования, функции и обязанности структурных подразделений. Такие документы регулируют совокупность организационных и трудовых отношений. Например: Положение о структурном подразделении и Положение о премировании сотрудников подразделения, где прописаны основные положения, функции, права, порядок образования и организации работы. Положения являются сложными документами, их структура и содержание, как правило, определяются особенностями предприятия и конкретного подразделения, для которого они разрабатываются.

На примере научно-исследовательского института «Атолл» можно рассмотреть одно из таких положений. Положение о премировании сотрудников, наверное, один из, наиболее, важных документов, которым интересуются все сотрудники, поэтому к его составлению подходят более детально, чем к остальным. На сегодняшний день в этом положении прописано, что подразделение имеет общий фонд заработной платы, рассчитанный по формуле:

$$\text{ФОТ} = N * K$$

где: ФОТ - фонд заработной платы;

N – количество человек в подразделении;

K – средняя сумма заработной платы (определяется планово-экономическим отделом и корректируется ежегодно).

Начальник подразделения вправе самостоятельно распоряжаться этим фондом в зависимости от вклада каждого конкретного работника. Таким образом, начальнику дается право регулировать (поощрять или наказывать) работу подразделения, а дирекции института, в лице планово-экономического отдела контролировать расходы по заработной плате работников[2].

- законодательные акты, обеспечивающие правовую поддержку всех положений и иных документов разрабатываемых для предприятия.

Во всех документах предприятия должны соблюдаться требования законодательных актов, таких как: Конституция Российской Федерации, Трудовой кодекс РФ, Гражданский кодекс РФ и др. Для соблюдения всех требований законодательных актов на предприятии создают юридический отдел, если предприятие достаточно крупное и может позволить себе его содержание, а если предприятие маленькое документы передают в специализированную организацию для проверки. К примеру, в научно-исследовательском институте «Атолл» существует юридический отдел и без подписи юриста не утверждается ни один документ, будь то положение, инструкция, акт или приказ.

- нормативы, методики и правила, регламентирующие работу системы.

На определенные виды работ существуют необходимые нормативы, которые являются базой для расчетов, основой для осуществления планирования технико-экономических показателей, базой для оперативного и бухгалтерского учета, а также контроля и анализа использования ресурсов предприятия. Нормативы служат ориентирами, а методики определяют совокупность методов и приемов целесообразного проведения некой работы или процесса в соответствии с правилами, утвержденными на предприятии. Документальное оформление методик является объективным доказательством того, что процесс был определен, методики одобрены и находятся под управлением. Только в этих условиях внутренние и внешние проверки могут обеспечить всестороннюю оценку адекватности как развертывания, так и внедрения. Разработанная и внедренная документация имеет важное значение для улучшения качества. Когда методики документально оформлены, развернуты и внедрены, появляется возможность определить, насколько правильно производятся операции, и измерить текущие рабочие характеристики. Утвержденные процедуры, применяемые в соответствии со стандартом, необходимы для поддержания выгод от деятельности по улучшению качества. Поддержание правильной последовательности внедренных процедур зависит от состояния

документации, навыков и подготовки персонала. На каждом конкретном предприятии следует добиваться собственного баланса между влиянием документации и степенью навыков и подготовки кадров. С учетом этого баланса следует проводить проверки системы качества.

Для стимуляции повышения квалификации каждого сотрудника и соответственно качества выпускаемой продукции на рассмотренном предприятии необходимо разработать и внедрить новую нормативно-методическую базу. В частности преобразовать положения о премировании сотрудников и ввести систему критериев оценки работы с ориентацией на стандарты качества. Такое преобразование даст не только дополнительный стимул для повышения качества работы, уменьшение негативного отношения по отношению к руководству, но и упорядочит процесс распределения фонда заработной платы.

Библиографический список

1. Международный стандарт ИСО 9000-1-94
2. Положение о премировании сотрудников НИИ «Атолл»

УДК: 331.33

ПЕРЕВОД ПРОЕКТОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В СОВРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОРМАТ

Трушин А.Ю., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Страхов П.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Токар И.И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Проекты печатных плат, хранящиеся в архиве производства, содержат перфоленты сверлений, чертежи плат на бумаге и фотошаблоны слоев на стекле. Современному производству для изготовления печатных плат требуются программы сверлений в формате Excellon и файлы для изготовления фотошаблонов в формате Gerber. Архивные фотошаблоны на стекле (фотооригиналы) не годятся из-за несоответствия реперных знаков и технологических рамок требованиям производства. В данной статье описан процесс формирования проекта печатной платы в формате PCB системы P-cad 2000, который содержит полную информацию, необходимую для изготовления печатных плат на предприятиях-изготовителях.

Процесс перевода включает в себя следующие этапы:

- перекодировка программы сверления на перфоленте в формат Excellon (используется файл образа перфоленты; 1 байт файла изображает строку перфоленты в двоичном коде),

- отображение сверлений в файле РСВ в виде металлизированных отверстий (Pad),
- простановка размеров площадок металлизированных отверстий в редакторе РСВ в соответствии с чертежом платы,
- нанесение печатных проводников в редакторе РСВ по чертежам слоев или по фотошаблонам слоев.

Для выполнения этих этапов разработаны 4 программы:

- 1) Perfovis.exe – просмотр образа перфоленты,
- 2) Vero-exl.exe – перевод программ для станка Vero-40 из ленточного формата в формат Excellon,
- 3) Comp-exl.exe - перевод программ для станка Compact-23 из ленточного формата в формат Excellon,
- 4) Exl-pcb.exe – формирование из файла Excellon файла РСВ в виде множества металлизированных отверстий (Pad).

Перфолента начинается с маркировки точечным шрифтом десятичного номера платы, обозначения станка, литеры изменений и другой учетной информации. Далее следует программа сверлений в случае станка Compact-23 или несколько программ сверлений для станка Vero-40. В последнем случае перед каждой программой сверления присутствует условное изображение диаметра инструмента точечным шрифтом. В конце перфоленты находится точечное изображение десятичного номера платы для возможности идентификации перфоленты с любого конца.

Определив тип станка программой Perfovis, выполняют соответствующую программу для формирования файла сверления Excellon.

Перевод файла перфоленты в формат Excellon

Файл Excellon – текстовый файл в коде ASCII. Пример показан в таблице 1.

Таблица 1

Текст	Пояснения
M71	Обозначение формата координат- точность 0.001мм
/METALL	Комментарий (строка, начинающаяся символом '/')
T1C1.0	Диаметр инструмента 1.0мм
X016250Y065000 X026250Y065000	Координаты отверстий: X=016.25мм, Y=065мм, X=026.25мм, Y=065мм
T2C1.3	Диаметр инструмента 1.3мм
X032500Y096250 X051250Y040000	Координаты отверстий
/NOMETALL	Признак неметаллизированных отверстий
T2C3.4	Диаметр инструмента 3.4мм
X021250Y025000 X021250Y032500	
M30	Конец программы сверлений

Пример выполнения алгоритма перевода для станка Compact-23

Программа сверлений для Compact-23 представляет собой текстовый файл в 7-разрядном коде ASCII. 8-ой разряд – контрольный – дополняет количество двоичных единиц в байте до четного. В программе содержится информация о диаметрах и координатах сверлений. Максимальное количество инструментов – 9.

Результатом работы **Comp-exl.exe** является файл Excellon с расширением .DRL и именем, совпадающим с именем файла образа перфоленты.

Пример выполнения алгоритма перевода для станка Vero-40

Результатом работы **Vero-exl.exe** является файл Excellon с расширением .DRL и именем, совпадающим с именем файла образа перфоленты.

Ввиду того, что диаметры инструментов на перфоленте изображены условно, программа **Vero-exl.exe** не всегда может их распознать (кодировка цифр в разных перфолентах может отличаться. Если диаметр не опознан, в файле Excellon ставится условный диаметр **9.9**. Такой диаметр нужно заменить с помощью текстового редактора блокнот на диаметр, указанный в перфоленте или в чертеже печатной платы.

Формирование РСВ файла.

Результатом работы **exl-rcb.exe** является файл в формате РСВ, содержащий координаты, диаметры и типы отверстий, пригодный для использования в дальнейшем проектировании печатной платы.

Перевод фотошаблона в РСВ.

Тривиальный способ – прокладка печатных проводников в редакторе РСВ по чертежу слоев или по фотошаблонам слоев. Ширина проводников определяется по фотошаблону или в соответствии с технологическими требованиями. Кроме металлизированных отверстий на плате могут быть планарные контактные площадки. Такие площадки описываются опцией Options/Pad Style и расставляются на слое платы. Форма площадки может быть прямоугольная (Rectangle) или овальная (Oval). Овальная площадка – это прямоугольная площадка со скругленными углами. Радиус скругления равен половине меньшей стороны прямоугольника, т. е. концы площадки – полукруглые.

Данный способ неудобен тем, что при визуальном копировании проводников с фотошаблона возможны ошибки (соединяются не те контакты). Было бы не плохо иметь в РСВ трафарет в виде отсканированного фотошаблона, но P-CAD 2000 не может хранить растровые изображения, поэтому используется способ, основанный на контурном представлении фотошаблона, полученного в редакторе изображений.

Формирование РСВ с использованием трафарета включает в себя следующие этапы:

Сканирование фотошаблона с рекомендуемым разрешением не менее 1200 dpi черно-белыми цветом.

Редактирование полученного изображения в любом растровом редакторе с возможностью трассировки. Если фотошаблон негативный, то инвертировать его в позитив.

Конвертация в битовый формат.

Редактирование битового изображения.

Трассировка изображения.

В результате получается векторизованное изображение, которое импортируется в P-CAD-2000.

Обработка изображения в P-CAD-2000

В P-CAD полученное изображение перенести на вспомогательный слой, с которого оно удаляется после завершения проектных работ.

Необходимо совместить «трафарет» с отверстиями, полученными при переводе образа перфоленты в формат РСВ.

Настроить параметры отверстий и ширины проводников. Обвести проводниками «трафарет».

Свериться с чертежом и фотошаблоном на стекле, распечатав на плоттере в масштабе 1:1.

Библиографический список

1. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
2. Зильбербург Л. И., Молочник В. И., Яблочников Е. И. Моделирование приборов, систем и производственных процессов. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. — 156 с.
3. Белогорцев Е.В. Автоматизированные системы управления. – М.: Форум, 2004.
4. Лопаткин А. В. P-Cad 2004. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006.
5. Уваров А. С. P-CAD. Проектирование и конструирование электронных устройств. М.: Горячая Линия – Телеком, 2004.
6. CorelDRAW Graphics Suite 11: все программы пакета. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003 г.

МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЫПУСКА ИЗВЕЩЕНИЙ И ДОКУМЕНТАЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ И ДОРАБОТКУ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Трушин А.Ю., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Страхов П.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Токар И.И., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Практика показывает, что при проектировании и отладке сложной радиоаппаратуры специального назначения в 95% проектов неоднократно вносятся изменения в электрическую схему.

Причинами изменений могут быть:

- устранение схемных ошибок;
- усовершенствование устройства в процессе настройки и т.д.

Как правило, это требует доработки изготовленной печатной платы: разрыв печатных проводников (механическим путём) и установку (пайку) объёмных перемычек «вручную».

Эти доработки производятся на основании извещений об изменении конструкторской документации (КД), которые обычно выпускаются в конструкторском отделе в соответствии с ГОСТ 2.503-90 ЕСКД.

Выпуск извещений – трудоёмкая работа, требующая достаточной квалификации конструктора печатных плат (ПП). Варианты доработки ПП в производстве не всегда оптимальны (например: задается излишнее количество высверливаемых контактов и количество устанавливаемых перемычек).

Поэтому, внедрение методики автоматизированного выпуска извещений об изменениях ПП позволит:

- сократить трудоёмкость и длительность выпуска извещений о доработке ПП;
- повысить качество выпускаемых извещений;
- оптимизировать трудоёмкость доработки ПП в производстве.

Предполагается, что платы спроектированы в системе PCAD любой версии.

Автоматизированный выпуск извещений разделяется на следующие этапы:

1. Формирование файла исправлений, который должен быть отпечатан в следующем виде (при т.н. полноте вариантов, пример):

- а) «дополнить цепи»:

цепь 010: У61-1; У10-2, ...	}	Перечисление
контактами У63-2, У74-8...		
цепи ХХХУЗО-5, У25-6		
контактами ХХ-Х, УУ-У...		

б) «исключить из цепей контакты:

цепь ХХХ контакты N_i N_y , ...	}	Перечисление
цепь УУУ контакты N_{i1} , N_{y1} , ...		

2. Формирование информации для доработки изготовленной платы.

2.1 Входной информацией служат:

- файл .РСВ ("старой") ячейки (платы).
- результаты работы программы по формированию "Файла исправлений"

2.2 Выбор метода доработки:

На основе файла исправлений и визуализации РСВ оператор определяет методы доработки цепей:

- разрыв проводников на внешнем слое;
- разрыв проводников на внутренних слоях (просверливание отверстий);
- прокладка навесного проводника между контактами;

2.3 Операций по доработке:

- Визуализация РСВ. Должна быть реализована визуализация любых заданных слоев.
 - Автоматическая подсветка дорабатываемой цепи (активизация цепи).
 - Выделение цветом проводников, разрываемых на внешних слоях.
 - Выделение цветом рассверливаемых отверстий.
 - Указание мест сверления отверстий для разрыва внутренних проводников.
- Разрыв проводников на внутренних слоях путем высверливания отверстий. Программа должна проверять эту операцию на корректность (не затронуты ли другие цепи).
- Прокладка навесных проводников. Оператор указывает соединяемые контакты. Программа должна проверять полноту цепи (все ли контакты цепи соединены). Полнота цепи должна восстанавливаться путем программного или "ручного" формирования дополнительных объёмных перемычек к списку ранее сформированных программой "Формирование файла исправлений" (см. пример на рис. 1)

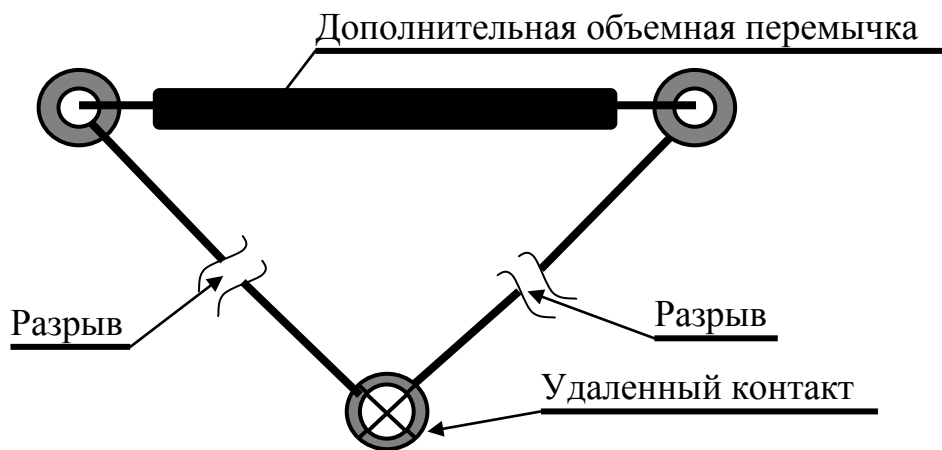


Рис. 1

Результаты работы программы оформляются

- а) в виде документа "Таблица монтажа" ячейки с 2-го листа;
- б) листа(ов) с изображением доработанных наружных слоев;

3. Обеспечение контроля корректности исправлений.

Комплекс программ использует конструкторскую и технологическую информацию о проекте (файл РСВ, Gerber-файлы слоев) и методы оптимизации теории графов, что позволяет:

- определить место установки ЭРЭ (первый или последний слой);
- минимизировать количество и длину объёмных перемычек;
- определить места «высверливания» печатных проводников у сквозных контактных отверстий, сверление сквозных монтажных отверстий для прокладки объёмных проводников, соединяющих ЭРЭ на разных сторонах ПП.

Программно анализируется разводка ПП (в формате РСВ или Gerber) и вырабатываются рекомендации по вариантам доработки комплекта имеющихся фотошаблонов ПП:

1. полный перевыпуск;
2. перевыпуск только измененных фотошаблонов слоев ПП;
3. перевыпуск ограниченного числа слоёв и ручная доработка некоторых мало измененных фотошаблонов слоев ПП;
4. ручная доработка (удаление) проводников и установка перемычек на ПП.

Таким образом, оригинальные программы должны включать средства:

- Выделения примитивов (проводников и контактов) из РСВ (программа должна быть совместима с версиями Р САД-2000, ..., 2006). Используется текстовый файл РСВ. Обеспечивается независимость от версии Р САД -2000 (в текущих версиях это возможно - просто игнорируется не относящаяся к задаче информация).
- Индикации изменений в таблице цепей. Исходной информацией служат или непосредственно таблицы цепей (net -файлы) или файлы РСВ, SCH. Несмотря на то, что эта задача может решаться в некоторых случаях средствами РСАД-2000, предлагаемая программа

не требует от пользователя знания PCAD-2000.

- определение оптимального набора операций по доработке платы
- оптимизация перевыпуска фотошаблонов

Используемое стандартное программное обеспечение включает:

- Любую версию семейства PCAD- 2000;
- CAM-350;
- Gerbmagic.

Комплект документации, формируемый в результате работы комплекса программ:

- извещение об изменении таблицы цепей в соответствии с ГОСТ 2.503-90 ЕСКД,
- извещение о замене РСВ файла на новый,
- извещение об изменениях ПП, включающее таблицу доработок ПП и указание о доработке ФШ с рисунками доработок ПП и ФШ.

Необходимо отметить, что задача существенно усложняется при введении изменения на уже измененную электрическую схему, что тоже должно быть решено в оригинальном программном обеспечении.

Заключение

С точки зрения разработчиков комплекса программ, описанная методика может найти довольно широкое распространение на предприятиях, разрабатывающих РЭА с помощью САПР PCAD-2000, 4.5, 8 и т.д. и принести достаточный экономический эффект.

Библиографический список

1. ГОСТ 2.503-90 ЕСКД.
2. Разевиг В. Д. ACCEL EDA 15.0 (P-CAD 2000). М.: «Солон-Р», 2001. – 415 с.
3. Н. Кристофидес. Теория графов, алгоритмический подход. М. «Мир», 1978г. – 433 с.

УДК: 620.92

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Тютюкова О.В., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Определим результативность мероприятий энергосбережения на примере предприятия ОАО «НИИ «АТОЛЛ».

ОАО «НИИ «АТОЛЛ» потребляет электроэнергии около 2 млн. кВт/ч, тепловой энергии порядка 8000 Гкал и питьевой воды порядка 10-15 тыс. м3.

План по экономии ТЭР предусматривает уменьшение расхода по следующим основным направлениям:

- снижение затрат на потребление электроэнергии;
- снижение затрат на потребление тепловой энергии;
- снижение затрат на потребление холодной и горячей воды.

Есть много методик рассчитать срок окупаемости энергосберегающих мероприятий.

Самая простая методика расчёта срока окупаемости энергосберегающих мероприятий так и называется – простой срок окупаемости. Этот метод, используется повсеместно.

Простой срок окупаемости используется для расчета энергосберегающих мероприятий в энергетическом паспорте.

Срок окупаемости определяется следующим образом:

$$PP = \frac{\text{Затраты}}{\text{Экономия}}$$

Таблица 1. Оценка результативности мероприятий энергосбережения

№ п/п	Перечень работ и решений	Окупаемость, лет	Экономия, тыс. руб.	Затраты, тыс. руб.
	1. Организационные мероприятия			
1.1.	Организация постоянного контроля за использованием и экономией ТЭР оперативным дежурным персоналом ЭМО	1 месяц	100	0
1.2.	Разработка и внедрение предложения по экономичному использованию приточных вентсистем	1 месяц	200	0
	2. Технические мероприятия			
2.1.	Внедрение системы АСКУЭ для учета электрической энергии в институте с установкой многотарифных электросчетчиков дневного, ночного и пиковых режимов	5	200	1000
2.2.	Оперативно-диспетчерское управление режимами производства, распределение и потребление энергоресурсов. Внедрение устройств контроля температурного режима по корпусам и помещениям с автоматизацией регулирования температуры в помещениях	2-4	50-100	200
2.3.	Комплекс мер по снижению энергопотребления: установка выключателей на опоры и торшеры	0,5	100	50

	уличного освещения - 40 шт			
2.4.	Контроль и регулирование использования тепловой энергии: выполнить проект и электромонтажные работы (ЭМР) по централизованному контролю и управлению задвижками в пункте учета тепла (ПУТ)	0,6	500	300
2.5.	Установка двух задвижек ду-150 с электроприводом на ПУТ	0,5	400	200
2.6.	Обеспечение контроля за отключением оборудования и освещения в помещениях участков, цехах во время обеда и по окончанию рабочего дня	1 месяц	20	0
2.7.	Применение энергосберегающего оборудования (ламп, светильников, дросселей и т.д.)	5	20	100
2.8.	Понижение напряжения для освещения (КСП, наружного) с применением понижающих трансформаторов, диодов, схем и т.д.	4	5	20
2.9.	Замена изношенных труб тепло-трассы института и изоляции по новым технологиям	2,5	2000	5000

Реализация плановых мероприятий позволит снизить ежегодное потребление:

- тепловой энергии на 800-1000 Гкал, что в денежном эквиваленте по тарифам 2012 года составило около 1,5 млн. рублей;

- электрической энергии на 50-85 тыс. кВт/ч, что по тарифам 2012 года составляет 40-60 тыс. рублей.

При годовой экономии воды 2-3 тыс. м³, экономия затрат на воду и стоки составляет 40-60 тыс. рублей.

Общая годовая экономия финансовых затрат с учетом внедрения пунктов плана организационно-технических мероприятий по экономии ТЭР может составить 1,8 млн. рублей.

Библиографический список

1. Голованова Л.А. Основы формирования и оценки результативности региональной политики энергосбережения. — Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос.ун-та, 2009. — 213 с.

2. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Хрестоматия энергосбережения. В 2-х книгах. Книга 1. — М.: Теплотехник, 2005. — 688 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Приветствие ректора МГТУ МИРЭА, академика РАН А.С. Сигова	4

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Верба В.С., Меркулов В.И.

Теоретические и прикладные аспекты разработки авиационных систем радиопередачи нового поколения	5

Козлов Г.В.

Тенденции и приоритеты исследований на субмиллиметровых волнах	9

СЕКЦИЯ №1: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОТЕХНИКИ

Битюков В.К., Богатов А.В., Миронов А.В., Михневич Н.Г., Петров В.А.

Нагрузочные характеристики стабилизированных источников вторичного электропитания на основе регулируемого dc–dc преобразователя max1759 с накачкой заряда	12

Бартенев В.Г., Каштанов П.И., Махов А.И.

Использование первых нетарифицированных секунд для передачи дистанционно информации о температуре	15

Бартенев В.Г., Бартенев Г.В.

О новом подходе к оценке производительности сигнальных процессоров ..	19

Бартенев В.Г., Галкин Р.Е.

Модельно ориентированное проектирование классификатора дискретных коррелированных помех	22

Гордеев А.Ю.

Новый градиентный алгоритм адаптивной БИХ-фильтрации комплексных сигналов	27

Климин А.Б.

Тенденции развития радиолокации предложения по построению унифицированных цифровых систем РЛС	31

Симачков Д.С.

Способ подавления дискретных коррелированных помех на основе нахождения координат центра окружности вектора полезного сигнала.....	35

Богатов А.В.

Универсальная многоканальная мобильная система измерений.....	39

Васильева Н.С., Кудрявцев Б.П.

Анализ причин возможного возникновения опасных выбросов напряжения на выходе источника первичного питания АФАР 43

Гончаренко В.М., Гурин Н.Н.

Антенна бегущей волны с замедленной переменной фазовой скоростью 48

Гончаров В.А., Волкова А.М.

Теоретические основы измерения радиофизических характеристик поглотителей электромагнитных волн.....53

Денисов В.Е.

Анализ искажений прямоугольного радиоимпульса в фильтре нижних частот с гауссовской амплитудно-частотной характеристикой 57

Каганов В.И.

Защита линий электропередачи от гололеда с помощью высокочастотных электромагнитных волн 61

Коваленко А.Н.

Компьютерное моделирование связанных микрополосковых линий с подвешенной подложкой 65

Меньшиков В.А., Меньшикова Л.В., Меньшиков В.В., Коровин Г.В.

Перспективы создания микроспутника дистанционного зондирования земли «СОЮЗ-САТ-О» 68

Меньшиков В.В.

Актуальные направления создания бортового оборудования микро-космических аппаратов на основе применения новых наукоемких технологий 73

Удалов А.И., Битюков В.К., Марьин С.В.

Использование ионной гидродинамической модели аккумулятора при диагностике его состояния и прогнозирования возможности восстановления его емкости 79

Королёв А.В., Синельщиков К.В., Шаплов В.Н.

Направление развития систем высоковольтного питания мощных кластронов передающих устройств бортовых РЛС 83

Бирюкова К.С.

Частотный модулятор пилообразных импульсов с нештатной работой микросхемы.....86

Богданов С.П., Басов О.О.

Снижение энергопотребления средств резонансного контроля 90

Кононов А.В.

Влияние тепловой инерционности на устойчивость режима и шумовые характеристики транзисторного автогенератора.....94

Мудрик Д.С.	
Тиристорная схема обнаружения сигнала сотового телефона.....	98
Радченко Г.С.	
Магнитоакустоэлектрический отклик магнитострикционных пьезотрансформаторов в твердотельных резонансных усилителях напряжения	101
Боровская Ж.В.	
Аппаратная реализация измерителя критической частоты слияния мерцаний	105
Пушков А.А.	
Методы компенсации ошибок измерений отражаемости метеообъектов в импульсных доплеровских метеорадиолокаторах	108

СЕКЦИЯ №2: СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Кислаев А.Г.	
Применение модифицированного алгоритма Мэя в системе RFID	116
Коршаковский С.И., Малахов А.В., Володин П.В.	
Использование средств графического программирования для решения медицинских задач в режиме удалённого пациента.....	119
Кузяков Б.А., Шмелев В.А., Матвеев А.Ю., Маркин А.А., Цапенко С.В., Цуников А.Ю.	
Особенности параметров волоконных световодов для комбинированных телекоммуникационных систем.....	125
Тихонов Р.В., Кузяков Б.А., Шмелев В.А., Матвеев А.Ю., Маркин А.А.	
Эффективность комбинированных оптических линий телекоммуникаций с атмосферными сегментами	129
Тихонов Р.В., Кузяков Б.А., Топтыгин В.С., Шмелев В.А., Цуников А.Ю.	
Особенности системы связи среднего ИК диапазона	132
Малахов А.В., Сперанский О.А., Панов А.В.	
Оптимизация сетевой инфраструктуры и ее компонентов в целях обеспечения повышенных стандартов надежности и качества.....	136
Салас В.Н.А., Конопелько В.К.	
Коррекция стираний при двумерном кодировании информации.....	139
Стариковский А.И., Матронюк И.П.	
О взаимных корреляционных свойствах нелинейных В-последовательностей	143

Унгер А.Ю.

Моделирование системы синхронизации приемника сигналов с непрерывной фазой и циклически изменяющимся индексом модуляции 145

Абоелазм М.А.А., Харитонов А.Ю., Юрков М.В., Богачев В.Н., Шепелева А.Н.

Программно-управляемые системы подвижной радиосвязи 149

Батенков К.А.

Интегральные представления преобразований сигналов в канале связи 152

Се Пэй-Шань

Новое учебное оборудование компании К&Н для подготовки студентов по направлениям «Телекоммуникации и связь» и «Коммуникации и сети» 155

Тарасов И.Е., Ушаков А.В., Борец Б.Е., Круглов К.И., Иванов С.А., Кругликов А.П.

Статистическая обработка сигналов в системы радиосвязи, измерения и управления.....157

Зимин В.Г., Аветисов А.С., Вехов О.В., Башмакова В.С., Мамаева О.Ю., Панков А.В.

Управление переданными процессами в СМК разработчика и изготовителя РЭА 161

Карпов М.А., Мельчаков В.Н., Макеенкова Н.С., Шевченко А.И., Барский Д.Р., Крутов М.М.

Электронно-оптический измеритель скоростей 165

Карпов М.А., Никишин Д.В., Матвеев А.Ю., Муад Х.М., Абоелазм М.А.А., Безлатный Д.В.

Электронно-оптические преобразователи рентгеновского диапазона волн ..170

Лобанов Б.С., Трефилов Н.А., Петренко Е.О., Крутов М.М., Трефилов Д.Н.

Малогабаритные бортовые широкодиапазонные спиральные антенны.....174

Трефилов Н.А., Шпак А.В., Шубин В.А., Березюк С.В., Крутов М.М.

Измерение коэффициента усиления малогабаритных антенн 177

Трефилов Н.А., Пикуль А.И., Шпак А.В., Березюк С.В., Шубин В.А., Киров С.В.

Разработка технологий микроволнового нагрева 180

Волковицкий В.В., Пахомов А.С., Тарасенко А.П., Маркин А.А., Филатов С.В., Зубков А.П.

Реализация модуля мнемосхемы объекта тестирования в системе программирования LabView.....184

Решетняк С.А., Третьяков Г.Н.

Стохастическая фильтрация биполярного прямоугольного сигнала 190

Баланов М.Ю., Храмцов Д.П.

Статистические характеристики сигналов в устройстве поиска широкополосного сигнала 193

СЕКЦИЯ №3: РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Азизов А.Г., Королев А.Н.

Алгоритм оптимального управления параметрами радиоэлектронных средств при обеспечении электромагнитной совместимости 197

Арешин Я.О., Королев А.Н., Котов А.Ф.

Стабилизация параметров обнаружения барьерной радиолокационной станции 201

Белоусов В.Н.

Имитационная модель блока синтеза РЛИ для РСА..... 205

Богодаров А.Ю., Котов А.Ф., Королев А.Н.

Анализ влияния параметров сигнала цифрового телевидения формата DVB-T на характеристики тела неопределенности..... 207

Королев А.Н., Котов А.Ф., Валуев И.В., Копкин П.С., Топтыгин В.С.

Модель широкополосных эхо-сигналов для бистатической РЛС 211

Володин И.Н.

Об одном варианте построения цифровой адаптивной фазированной решётки для РЛС 214

Давыдова Н.И., Королев А.Н., Котов А.Ф.

Модель движения сверхзвукового объекта в многопозиционной РЛС ближнего радиуса действия..... 219

Ермаков К.В.

Радиочастотные методы в автоматизированных системах определения местоположения подвижных объектов..... 223

Заикин Б.А.

Алгоритмы обработки радиолокационной информации с целью получения трёхмерного изображения объекта 226

Замуруев С.Н., Чесноков П.Ю.

Алгоритм первичной обработки сигналов и извлечения навигационной информации в многопозиционной радиотехнической системе 230

Замуруев С.Н., Чесноков П.Ю.

Метод расчета параметров цифровой линии связи локальной автономной радионавигационной системы..... 233

Зенин А.Ю.	
Определение местоположения транспортных средств с использованием системы автоматической идентификации.....	237
Королев А.Н., Котов А.Ф., Васинкин А.С.	
Потенциальные характеристики многопозиционной РЛС интерферометрического типа	242
Костин М.С.	
Моделирование виброметрического СШП радара.....	246
Кравченко Д.С.	
Устройство формирования цифрового радиосигнала.....	249
Лобов А.А.	
Тенденции повышения надежности и эффективности применения аварийных радиомаяков на воздушном транспорте Российской Федерации в рамках развития системы второго поколения КОСПАС-САРСАТ	252
Петрова И.И.	
Возможность удаленного управления радиобуями КОСПАС-САРСАТ ...	256
Королев А.Н., Котов А.Ф., Попонов П.В.	
Определение угловых координат объектов в барьерной РЛС путем пространственной модуляции диаграммы направленности луча	260
Королев А.Н., Котов А.Ф., Фофанов Д.А.	
Об одном алгоритме сверхразрешения целей.....	264
Карих А.А.	
Многоканальный коррелятор	269
Петров С.В.	
Адаптивное обнаружение стохастического сигнала в условиях параметрической априорной неопределённости.....	272
Булкин В.А., Ерохин А.Ф.	
Актуальные вопросы контроля функционирования АФАР	276
Игнатьев В.К., Орлов А.А.	
Цифровой измеритель сдвига фаз квазигармонических сигналов	279
Колчев А.А., Хобер Д.В., Санников А.И.	
Точность оценки спектральной плотности шума по ионограммам ЛЧМ зондирования ионосферы	283
Баранов А.В., Моругин С.Л.	
Новая концепция повышения рабочей частоты и выходной мощности усилителей в ключевых режимах	286
Горбунов Ю.Н., Перунов Ю.М.	
Современная радиолокация: совершенствование обработки сигналов	291

СЕКЦИЯ №4: РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Аношин А.А., Васильков Д.Г., Карповцева В.Д., Кириллова Ю.А., Семин А.А., Хольнов Ю.В., коллектив стелларатора Л-2М Изучение параметров плазмы при L-H переходе в стеллараторе Л-2М методом измерения излучения	299
Ахобадзе Г.Н. Измерение концентрации вещества на основе микроволнового излучения.....	301
Долматов Т.В., Букин В.В., Летунов А.А. Электрооптическая система регистрации наносекундных СВЧ-импульсов большой мощности.....	303
Батанов Г.М., Борзосексов В.Д., Колик Л.В., Малахов Д.В., Петров А.Е., Пшеничников А.А., Сарксян К.А., Скворцова Н.Н., Харчев Н.К. Диагностики рассеяния микроволнового излучения гиротрона на флуктуациях плотности электронов в плазме стелларатора Л-2М.....	308
Глухов А.Ю. Аппаратно-программный комплекс для исследования высших гармоник сигнала отклика высокотемпературного сверхпроводника	312
Каганов В.И., Антонов А.В. Импульсный генератор без ключевых элементов как источник накачки газового лазера.....	316
Коновалов В.Н., Кузьмин Г.П., Минаев И.М. Оптический способ исследования ВЧ разряда в газе элементов плазменной антенны.....	321
Моряков И.В., Бережецкая Н.К., Черноусов А.Д., Тактакишвили М.И. Газодинамические явления, сопровождающие работу плазменного актуатора	325
Степахин В.Д., Батанов Г.М., Бережецкая Н.К., Борзосексов В.Д., Васильева Е.А., Колик Л.В., Кончечков Е.М., Летунов А.А., Малахов Д.В., Петров А.Е., Сарксян К.А., Скворцова Н.Н., Харчев Н.К. Реактор для протекания плазмохимических реакций с помощью микроволнового разряда в порошковых смесях	330
Юрченко В.И., Юрченко А.В. Повышения эффективности преобразования спектра солнечного излучения при взаимодействии электромагнитного поля с трехмерной структурой композиционного материала.....	334

СЕКЦИЯ №5: УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Воруничев Д.С., Дудина Е.А. Тенденции развития систем менеджмента предприятий радиоэлектронного Комплекса.....	338
Аветисов А.Г., Давлетчин Д.И. Моделирование технологического процесса прессования печатных плат...	341
Дудина Е.А., Воруничев Д.С. Информационная среда технического университета	344
Гореева Ж.А., Быкова М.Б., Диденко И.С., Козлова Н.С., Сидорин В.В. Модель количественной оценки улучшения системы менеджмента качества испытательной лаборатории.....	347
Гребенюк В.М. Использование UML моделей как дополнительного инструмента обеспечения качества сложных систем	351
Деменкова Т.А., Николаев С.А. Проблемы верификации цифровых устройств на СБИС.....	353
Смирнов А.П. Альтернативные схемные решения реализации генераторов сильных электромагнитных полей для проверки помехоустойчивости крупногабаритных объектов.....	357
Забавникова М.Л. Проблемы управления персоналом на предприятиях радиоэлектронного комплекса	361
Зорин А.Ю. Использование технологии ЛИИ менеджмента в радиоэлектронном комплексе.....	364
Балабанов И.В. Обеспечение доступности услуг в сетях подвижной связи.....	367
Легкий Н.М., Сычева А.В. Интеллектуальная собственность как средство повышения конкурентоспособности производителей электронной техники.....	369
Малахов А.В., Макаревич А.В., Панов А.В. Системы бесконтактного диагностирования медицинских показателей на основе использования сетевых методов и телекоммуникационной инфраструктуры	371

Печенев А.А.	
Современное развития рынка конверсионной продукции в России	375
Сидорин А.В.	
Анализ и прогнозирование конкурентоспособности радиоэлектронных средств на этапе проектирования.....	377
Сидорин А.В.	
Оценка конкурентоспособности радиоэлектронных средств на этапе проектирования по комплексному вектору качества.....	381
Сидорин А.В., Сидорин В.В.	
Анализ и прогнозирование конкурентоспособности инновационной продукции предприятий радиоэлектронного комплекса на основе математической модели потребительской среды.....	385
Растатуев А.Н.	
Система менеджмента устойчивого успеха предприятия разработчика и изготовителя продукции военного и двойного назначения	390
Кузнецова Т.В., Ситникова И.В.	
План разработки и внедрения компьютерных методов обработки информации в системе менеджмента предприятий и организаций радиоэлектронного комплекса России.....	391
Ситникова И.В., Кузнецова Т.В.	
Нормативно-методическое обеспечение деятельности системы обеспечения человеческими ресурсами предприятий высокотехнологичных отраслей Промышленности	396
Трушин А.Ю., Страхов П.В., Токар И.И.	
Перевод проектов печатных плат в современный электронный формат...	398
Трушин А.Ю., Страхов П.В., Токар И.И.	
Методы автоматизации процесса выпуска извещений и документации на изменение и доработку печатных плат по результатам изменения электрических схем	402
Тютюкова О.В.	
Оценка результативности мероприятий энергосбережения.....	405

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И АВТОМАТИКИ»**

МГТУ МИРЭА

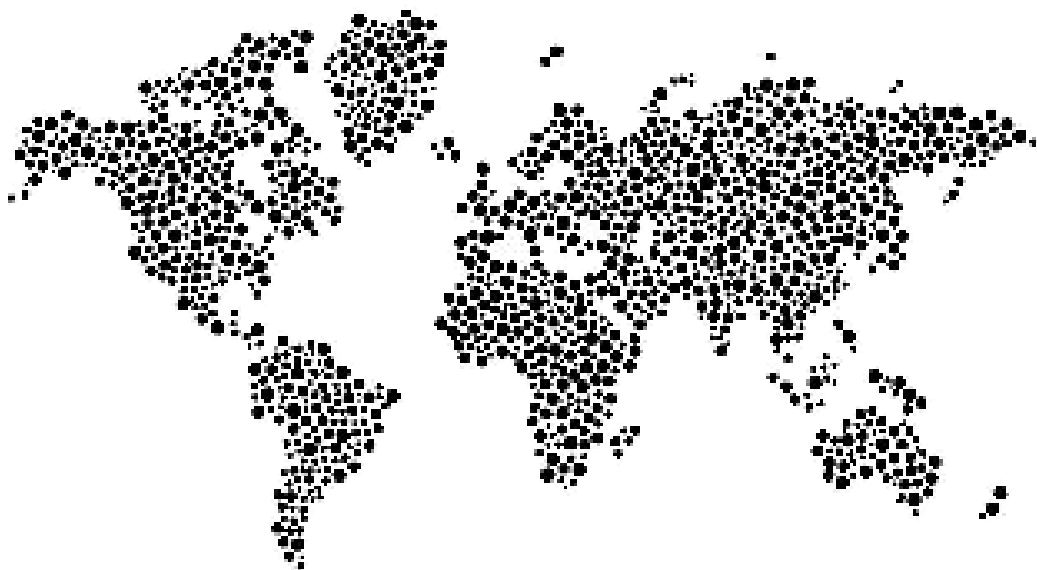
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть 2

**I-ой Международной
научно-практической конференции**

**«Актуальные проблемы и перспективы развития
радиотехнических и инфокоммуникационных
систем»**

«РАДИОИНФОКОМ – 2013»



МОСКВА 2013

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики» (МГТУ МИРЭА), Москва, Россия

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина

Карлстадский университет, Карлстад, Швеция

Вильнюсский университет, Вильнюс, Литва

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва, Россия

ОАО «Главное системное конструкторское бюро Концерна ПВО «Алмаз-Антей» им. академика А.А. Расплетина», Москва, Россия

ФГУП «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А.И. Берга», Москва, Россия

ОАО «Концерн радиостроения «ВЕГА», Москва, Россия

ОАО «Научно-производственный комплекс «Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи», Москва, Россия

НТЦ «Космонит» ОАО «Российские космические системы», Москва, Россия

ОАО «Оборонительные системы», Москва, Россия

НП «Международный комитет по реализации Проекта по созданию Международной Аэрокосмической системы Глобального Мониторинга», Москва, Россия

Российский союз промышленников и предпринимателей, Москва, Россия

Федеральный индустриально-финансовый союз по реализации президентских программ, Москва, Россия

Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, Москва, Россия

Сборник научных трудов

**Первой Международной научно-практической
конференции «Актуальные проблемы и перспективы
развития радиотехнических и инфокоммуникационных
систем»**

Часть 2



РАДИОИНФОКОМ – 2013

28-30 марта 2013 года

Россия, г. Москва

ББК
И
УДК 621.396

В сборнике представлены материалы докладов Первой Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем", отражающие результаты и направления теоретических и прикладных исследований в различных областях построения радиотехнических и телекоммуникационных систем.

Материалы сборника представляют интерес для широкого круга научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов ВУЗов, связанных с решением проблем построения современных радиотехнических и инфокоммуникационных систем, управления их качеством, а также проблем подготовки профессиональных кадров для наукоемких отраслей промышленности.

Все материалы даются в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

Куликов Г.В., Трубицын А.В., Битюков В.К., Нефедов В.И., Парамонов А.А.,
Замуруев С.Н., Котов А.Ф., Будагян И.Ф., Гусейн-Заде Н.Г., Сидорин В.В.,
Бородин А.М., Меньшиков В.А., Ручкина Г.Ф., Чернова Н.И., Самохин А.Б.,
Шестопалов Ю.В.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Сопредседатели:

Гуляев Ю.В. - директор ИРЭ имени В.А. Котельникова РАН, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор;

Сигов А.С. - ректор МГТУ МИРЭА, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор.

Члены оргкомитета:

Верба В.С. - генеральный директор - генеральный конструктор ОАО "Концерн радиостроения "ВЕГА", д.т.н., профессор;

Куликов Г.В. - декан факультета РТС МГТУ МИРЭА, д.т.н., профессор;

Лобанов Б.С. - генеральный директор, ФГУП "ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга", д.т.н., доцент;

Меньшиков В.А. - генеральный директор Международного комитета по реализации Проекта по созданию Международной Аэрокосмической системы Глобального Мониторинга, д.т.н., профессор;

Морозов А.И. - проректор по научной работе МГТУ МИРЭА, д.ф.-м.н., профессор;

Романов А.Б. - генеральный директор ОАО "Оборонительные системы", к.т.н.;

Самсонов Г.А. - вице-президент РНТОРЭС им. А.С. Попова, к.т.н., доцент;

Сапрыкин С.Д. - генеральный конструктор ОАО НПК НИИДАР, к.т.н., профессор;

Сахновский Б.С. - президент федерального индустриально-финансового союза по реализации и президентских программ;

Сидорин В.В. - проректор по качеству МГТУ МИРЭА, зав. кафедрой КПрЭС, д.т.н., профессор;

Слипченко Н.И. - проректор по научной работе Харьковского национального университета радиоэлектроники, д.т.н., профессор;

Созинов П.А. - генеральный конструктор ОАО ГСКБ Концерна "Алмаз-Антей" им. академика А. А. Расплетина, д.т.н.;

Черепов В.И. - заместитель председателя РСПП, к.т.н.;

Чернявский Г.М. - директор НТИЦ Космонит ОАО "Российские космические системы", чл.-корр. РАН, зав. кафедрой КИТ МГТУ МИРЭА, д.т.н., профессор.

Рабочая группа

Трубицын А.В. (руководитель), Васильев В.О., Джурик А.С., Кислаев А.Г., Легкий Н.М., Розанов В.С., Спиричев Д.Л., Хайбуллин М.Р.

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО РЕКТОРА МГТУ МИРЭА

Оргкомитет Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем" приветствует участников и гостей научного форума в стенах Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики.

Цель конференции - обсуждение проблем, направлений и перспектив развития и совершенствования одного из важнейших кластеров мировой экономики - радиоэлектронной и телекоммуникационной отраслей, обеспечивающих функционирование всех жизненно важных элементов государственной инфраструктуры гражданского и оборонного назначения.

МГТУ МИРЭА - признанный в России и в мире современный образовательный и научно-исследовательский центр, сочетающий в своей работе классические университетские традиции и современные образовательные технологии, являющийся сегодня одним из лидеров в области подготовки квалифицированных кадров для стремительно развивающихся наукоемких отраслей - телекоммуникаций, информационных компьютерных технологий, автоматики, кибернетики, радиотехники и электроники.

Мы придаём большое значение развитию и углублению научных, образовательных и деловых связей с российскими и зарубежными партнерами, имеем далеко идущие планы по расширению сотрудничества в научно-технической сфере и надеемся, что конференция позволит всем её участникам реализовать задуманное.

Среди соорганизаторов конференции – наши зарубежные коллеги-университеты: Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Карлстадский университет (Карлстад, Швеция), Вильнюсский университет, академический партнер - Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, предприятия-партнеры МГТУ МИРЭА: НТЦ "Космонит" ОАО "Российские космические системы", ОАО "Головное системное конструкторское бюро Концерна ПВО "Алмаз-Антей" им. академика А.А. Расплетина", ФГУП «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А.И. Берга», ОАО «Концерн радиостроения «ВЕГА», ОАО "Научно-производственный комплекс "Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи", ОАО «Оборонительные системы», НП "Международный комитет по реализации Проекта по созданию Международной Аэрокосмической системы Глобального Мониторинга", общероссийские общественные организации «Российский союз промышленников и предпринимателей» и «Федеральный индустриально-финансовый союз по реализации президентских программ».

Нынешняя конференция является первым мероприятием этого научного цикла. Надеемся, что она даст хороший старт и сформирует правильный вектор дальнейшего развития.

Ректор МГТУ МИРЭА,
академик РАН

А.С. Сигов

СЕКЦИЯ №6: СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК.623:54-138

ЗАЩИТА МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ УГРОЗ С ПОМОЩЬЮ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ АЭРОЗОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

*Антонов О.Ю. ведущий конструктор,
ОАО «ФНПЦ «НИИ прикладной химии», г. Сергиев Посад,
Бородин А.М. доктор технических наук, начальник НТО
перспективных разработок, ФГУП «ЦНИРТИ им. академика
А.И. Берга», г. Москва*

*Дружко С.Н. заместитель начальника НТО перспективных
разработок, ФГУП «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга», Москва
Тартынов И.В. начальник отдела, ОАО «ФНПЦ «НИИ прикладной
химии», г. Сергиев Посад*

Борьба с терроризмом – одно из главных направлений деятельности государств в последние годы. Важнейшим вопросом по профилактике и предотвращению террористической угрозы является защита специальных объектов, материальной части подразделений обороны, средств взаимодействия, управления, противодействия и средств их доставки. Особо стоит выделить вопрос защиты указанных объектов от современного высокоточного оружия (ВТО) с оптическими средствами самонаведения, несущего в себе последние достижения отрасли вооружений и военной техники. Таким образом, проблема защиты различных специальных объектов и задача по реализации мер противодействия, являются весьма актуальными.

Учитывая принципы функционирования средств поражения с оптическими устройствами самонаведения можно определить круг решаемых задач по борьбе с ВТО. Наиболее рациональным подходом в вопросе защиты является маскировка объектов, а также организация помеховых образований в различных спектрах работы систем слежения и наведения средств нападения с помощью аэрозольобразующих газогенераторов.

Предлагаемое для реализации описанного принципа устройство, предназначено для создания аэрозолей с определенной постоянной концентрацией и дисперсией частиц его составляющих.

Для создания мелкодисперсных струй применяются генераторы аэрозоля, использующие в качестве исходного материала газовую фазу и твердый или жидкий материал для производства частиц аэрозоля.

Образование частиц в случае жидкого рабочего тела происходит путем механического дробления струй, их взаимного соударения, воздействия вихревых и акустических потоков.

В случае применения твердого источника аэрозоль получают путем сжигания исходного материала в спутной струе, либо импульсным методом (взрыв), либо путем вытеснения материала избыточным давлением из несущего контейнера.

Последний способ наиболее интересен с точки зрения достижения наименьшей дисперсии частиц, т.к. материал представляет собой в данном случае готовые частицы аэрозоля, имеющие постоянный размер и наименьшее значение дисперсии (минимальный разброс).

Существующие аналоги генераторов организуют рабочий процесс путем однократного выброса материала, создающие не аэрозольную взвесь, а порошковую струю; требуют предварительного приготовления аэрозоля с малым временем жизни; являются установками с низкой удельной газификацией и имеют габариты не позволяющие применять их в качестве мобильного устройства.

Предлагаемое устройство, структурно-функциональная схема которого представлена на рисунке 1, позволяет готовить аэрозольную смесь с заранее определенными параметрами, а также распылять ее в течение нескольких десятков секунд.

Инициатор представляет собой электровоспламенитель, срабатывающий при подаче на мостик накаливания напряжения.

Газогенерирующий блок (ГГ-блок) является энергетическим устройством выработки рабочего тела. В состав ГГ-блока входят пиротехнические элементы: воспламенительные и газогенерирующие. Блок размещается в камере, имеющей посадочное место для инициатора, а также штуцер, перекрытый мембраной, предназначенный для соединения с ресивером.

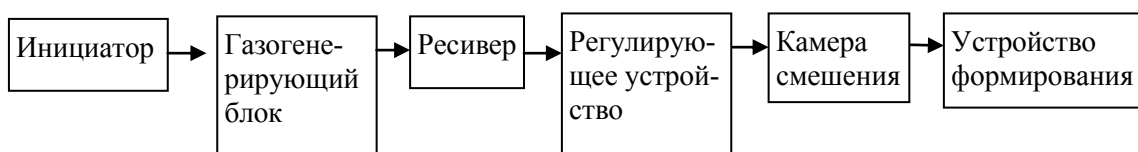


Рис.1 Структурно-функциональная схема устройства получения аэрозольных образований

Ресивер представляет собой камеру, в которой размещено регулирующее устройство. Конструкция ресивера и расположение в нем РУ выполнены таким образом, чтобы газовый поток, поступающий в ресивер из камеры ГГ-блока кроме работы по расширению, создавал вихрь, улучшающей процесс насыщения аэрозолеобразующего наполнителя.

Регулирующее устройство позволяет дозировать подачу газовой фазы и регулирует параметры состояния в сообщающихся через него камере ГГ-блока и ресивере.

Камера смешения с аэрозолеобразующим порошком служит для приготовления аэрозольной смеси путем насыщения газовой фазой аэрозолеобразующего наполнителя до условий, необходимых для начала движения смеси, концентрация частиц в которой имеет заранее рассчитанное значение и определяется величиной дисперсности материала и скоростью подвода газовой фазы к ней.

Устройство формирования струи представляет собой сверхзвуковой конфузор определенного сечения и формы, которые определяются требованиями к скорости, концентрации аэрозоля и величине полного давления в зоне распыла.

Функционирование устройства происходит следующим образом: после подачи электрического сигнала на инициатор, за счет форса пламени и высокой температуры горения продуктов инициатора, воспламенительные таблетки ГГ-блока зажигаются и инициируют горение шашек газогенерирующего состава в замкнутом объеме. Резкое повышение давления в камере ГГ-блока приводит к срезу мембраны, разделяющей ГГ-блок и ресивер и возникает переток газов под действием разности давлений. По мере заполнения ресивера газообразными продуктами регулирующее устройство начинает дозированно подавать газ в камеру смешения, в которой, после предварительной накачки поступающими продуктами сгорания ГГ-состава и повышения давления до определенного порогового значения, возникают условия для движения аэрозолеобразующего материала. Концентрация материала определяется геометрией газогенерирующего заряда, конфигурацией регулирующего устройства, а также геометрией устройства формирования струи, которая устанавливается в зависимости от параметров состояния окружающей среды. Конечным результатом является многофазная струя аэрозоля с возможным углом распыла от 45 до 120°.

Конструктивное исполнение устройства представлено на рис. 2.

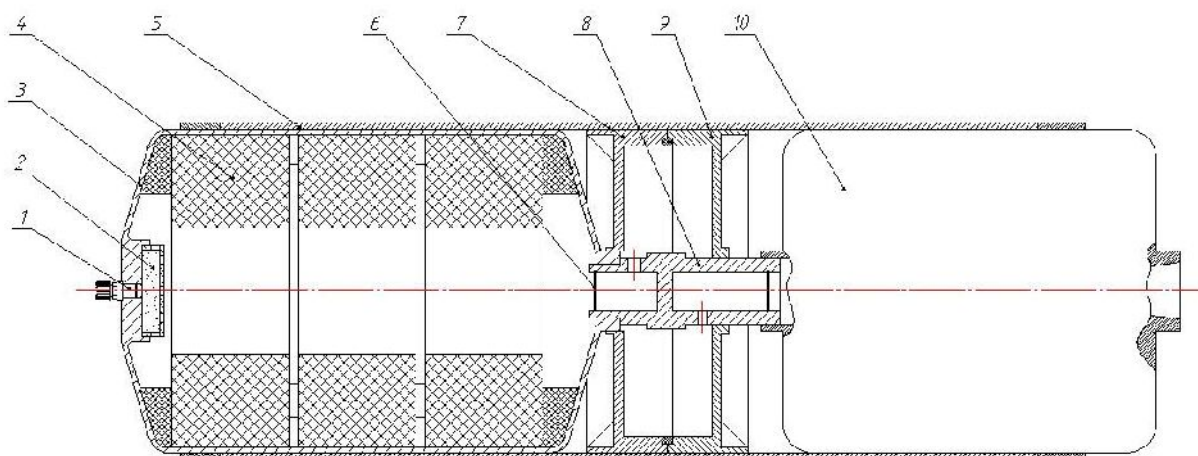


Рис. 2 Конструктивная схема устройства получения аэрозольных потоков

1 - инициатор, 2 - корзина, 3 - сухарь, 4 - газогенерирующий заряд, 5 - оболочка, 6 - мембрана, 7, 9 - полукорпус, 8 - дроссель, 10 - капсула.

При подаче электрического импульса на инициатор 1 задействуется воспламенительный состав, находящегося в корзине 2. Затем продукты горения воспламенительного состава воспламеняют газогенерирующий заряд 4 с расположенными на них усилительными таблетками. В камере 2 создается избыточное давление газов, под действием чего начинается переток в ресивер, образованный полукорпусами 7, 9 и дросселем 8 через мембрану 6. В ресивере газовый поток расширяясь завихряется и через выходное отверстие в дросселе 8 поступает в капсулу 10 с материалом. Все три элемента соединены оболочкой 5, придающей жесткость и целостность конструкции, а также является транспортировочным узлом.

Таким образом, представленное устройство позволяет получать аэрозольные образования, заранее определенной концентрации и размеров, имеет достаточно простую конструкцию и габариты, что дает возможность размещать их на мобильных объектах в качестве средств защиты от ракетного оружия с оптическими головками самонаведения. Маскирующие образования предполагается формировать между защищаемым объектом и обнаруженным системой предупреждения высокоточным средством поражения.

Библиографический список

1. Замковой В.И., Ильчиков М.З. Терроризм - глобальная проблема современности. - М.: Изд-во ИМПЭ, 1996. - 80 с.
2. Соркин Р.Е. Теория внутрикамерных процессов в ракетных системах на твердом топливе: внутренняя баллистика. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. - 288 с.
3. Численное моделирование ИК-излучения гетерогенных струй продуктов сгорания: Отчет/Предприятие п/я А-1928; Инв.№ 15065, 1985. – Отв. исполн. В.Н.Толстов.

УДК 621.396.96.33

МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ КООРДИНАТ ПОДВИЖНОГО ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ В БОРТОВОЙ РЛС

***Белик Б.В., Сузанский Д.Н., Чернов В.С., ОАО
«Концерн «Вега», Москва, Россия***

В настоящее время одной из самых устойчивых тенденций совершенствования радиолокационных систем (РЛС) является повышение скрытности их работы, предопределяющее широкое использование пассивных режимов [1]. При этом основным источником информации становятся сигналами

лы, излучаемые РЛС наблюдаемых объектов. В такой ситуации возникает необходимость в оценивании дальности до источников радиоизлучения (ИРИ) по результатам измерения их углового положения относительно точки наблюдения.

Особенностью пассивных радиоэлектронных систем является то, что в них отсутствует информация о времени излучения. В такой ситуации непосредственное измерение дальности до ИРИ по запаздыванию радиосигнала невозможно, поэтому используются методы косвенного оценивания дальности при приеме сигналов в нескольких разнесенных точках пространства. При этом широкое применение нашли одно- и двухпозиционные угломерные системы определения местоположения ИРИ, основанные на пеленгационных методах [2]. Многопозиционные системы, в отличие от однопозиционных, отличаются необходимостью организации управления группой позиций и их взаимодействием. Результатом чего является необходимость использования дополнительного оборудования связи, функционирование которого способствует демаскированию приемных позиций.

Рассматриваемые в работе однопозиционные системы лишены указанных недостатков. При этом в качестве основного достоинства таких систем является их способность независимость от других летательных аппаратов при оценивании координат ИРИ, а также более простой состав оборудования. Платой за это является более продолжительное время выполнения процедуры оценивания координат, невысокие точности, и как следствие, необходимость выполнения специальных маневров.

В данной работе рассматривается псевдотриангуляционный метод оценивания дальности до подвижного ИРИ и его собственной скорости. Этот метод локации подвижной цели по угломерным данным РЛС, функционирующей в качестве пеленгатора, разработан как альтернатива широко известному в теории и на практике триангуляционному методу оценивания, но во многом схож с ним. Основное достоинство данного метода состоит в том, что он позволяет свести сугубо нелинейную задачу оценивания искомых параметров к решению системы линейных алгебраических уравнений соответствующего порядка. Необходимость решения системы алгебраических уравнений объясняется тем, что при определении положения подвижной цели нельзя ограничиться измерением только двух пеленгов, как в триангуляционном методе. Особенность метода состоит в том, что оцениваются координаты и параметры собственного движения ИРИ в неподвижной прямоугольной системе координат, а оценка дальности получается непосредственно при выполнении промежуточных вычислений [3].

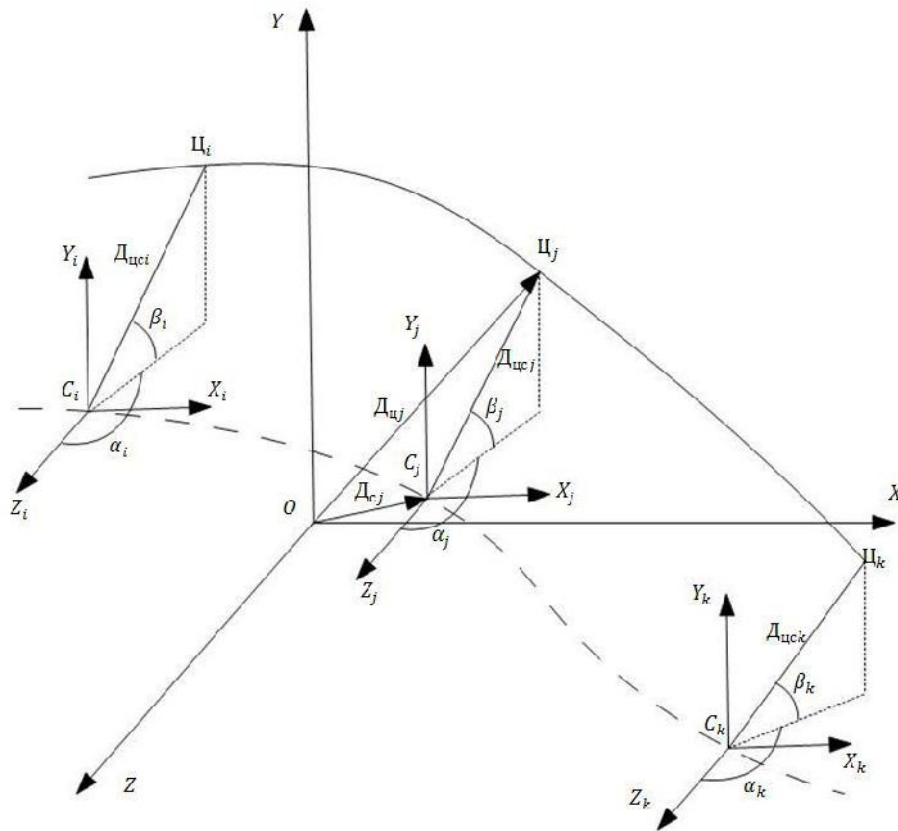


Рис. 1

В декартовой прямоугольной системе координат положение пеленгатора задается вектором $D_c(t) = (x_c \ y_c \ z_c)^T$, положение цели задается вектором $D_{ц}(t) = (x_{ц} \ y_{ц} \ z_{ц})^T$. Пеленгатор движется по траектории обозначенной на графике пунктиром, цель по траектории обозначенной на графике сплошной линией. В некоторые моменты времени измеряются азимуты и углы места.

В данном алгоритме движение цели определяется моделью:

$$\begin{aligned} x_{ц}(t) &= \sum_{j=0}^K a_j^x q_j(t) \\ y_{ц}(t) &= \sum_{j=0}^K a_j^y q_j(t) \\ z_{ц}(t) &= \sum_{j=0}^K a_j^z q_j(t) \end{aligned}$$

Задача состоит в том, чтобы по измеренным пеленгам $\alpha_{и}(t) = \alpha(t) + \xi_{\alpha}(t)$ и $\beta_{и}(t) = \beta(t) + \xi_{\beta}(t)$, где $\xi_{\alpha}(t)$, $\xi_{\beta}(t)$ - ошибки измерения, найти векторы параметров движения цели: $A^{x(y,z)} = (a_j^{x(y,z)})$.

Зная вышеупомянутые векторы можно восстановить траекторию движения цели. Рассмотрим работу алгоритма на примере. Пусть цель движется в горизонтальной плоскости, и ее движение описывается уравнениями:

$$x_{ц} = 300000 - 200t$$

$$y_{ц} = 10000$$

$$z_{ц} = 175000 + 30t$$

Пеленгатор движется в горизонтальной плоскости на высоте 200 км со скоростью 200 м/с, после 200 секунд пеленгатор меняет направление движения на 90°. В течении 400 с самолет измеряет пеленги на цель три раза с шагом 200 с и по определенным формулам вычисляет начальные координаты цели и ее скорость. Результаты моделирования можно увидеть на рис. 2.

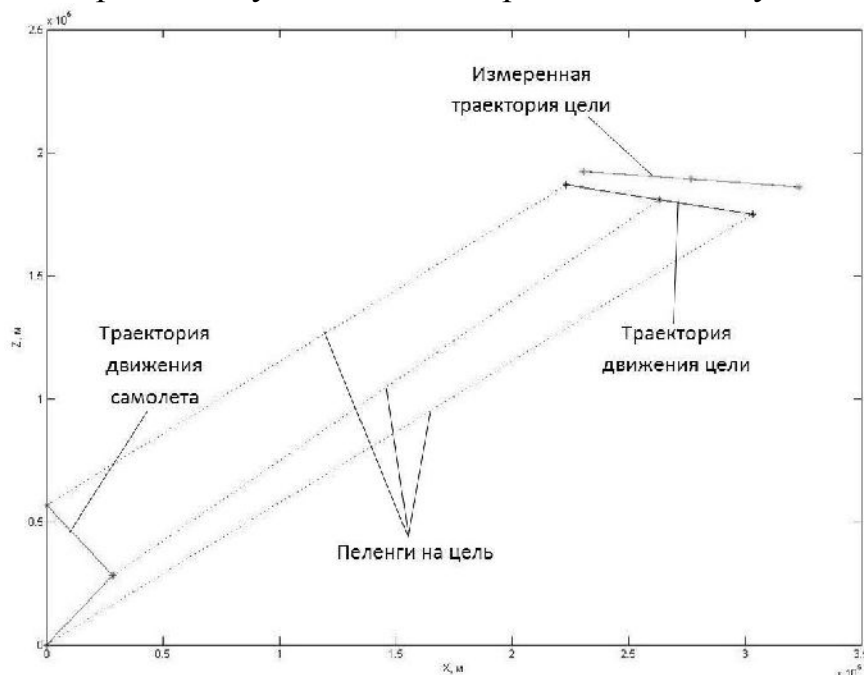


Рис. 2

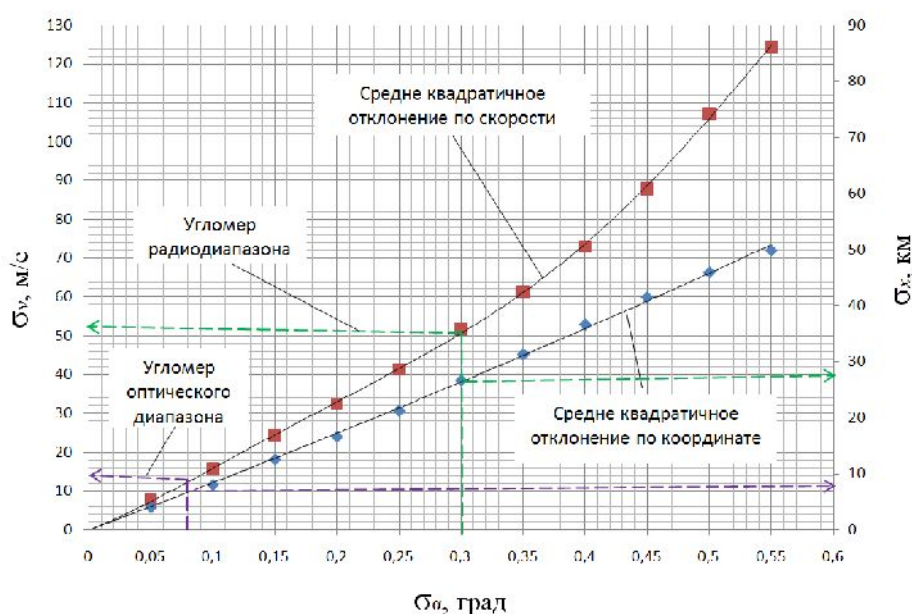


Рис. 3

На рис. 3 можно видеть зависимость ошибки определения координаты и скорости от ошибки определения азимута. На горизонтальной оси отме-

чено среднеквадратичное отклонение измерения азимута, на вертикальной оси: среднеквадратичное отклонение по скорости и среднеквадратичное отклонение по координате.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что данный алгоритм имеет удовлетворительные характеристики для высокоточных систем измерения углов (оптические системы), но для радиолокационных систем требуется проводить дополнительные исследования по доработке указанного алгоритма.

Библиографический список

1. Меркулов В.И. [и др]. Авиационные системы радиоуправления. Т.2. Радиоэлектронные системы самонаведения. /Под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. –М.: Радиотехника, 2003. – 390 с.
2. Дрогалин В.В. [и др]. Определение координат и параметров движения источников радиоизлучений по угломерным данным в однопозиционных бортовых радиолокационных системах. – Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники, 2002, № 3. – С. 25-31.
3. Верба В.С., Меркулов В.И., Дрогалин В.В. [и др]. Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах. Часть 3. /Под ред. В.С.Вербы и В.И.Меркулова - М.: Радиотехника, 2010. – 466 с.

УДК: 621.396

ИНФОРМАТИВНАЯ ЗАЩИЩЕННОСТЬ ОБЪЕКТОВ ПРИ КОМПЛЕКСИРОВАНИИ РАЗНОТИПНЫХ СРЕДСТВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ РАЗВЕДКАМ

*Мартьянов В.С., к.т.н., доцент, Введенский В.Л., к.т.н.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Эффективным способом защиты данных об объектах разведки является комплексное использование разнотипных технических средств противодействия (ТС ПД) – оптических и оптико-электронных средств, средств многоточечных синхронных коррелированных и независимых помех, средств активных ответных помех и др. Объем защищаемой при таком комплексировании информации зависит не столько от числа комплекслируемых средств, сколько от характера и числа опознавательных параметров объектов разведки, защищаемых всей совокупностью комплекслируемых ТС ПД. Следовательно, при оценке эффективности комплексирования разнотипных средств ПД важно учесть смысловую связь между опознавательными параметрами объектов разведки, защищаемыми отдельными средствами ПД. При этом показатель эффективности защиты должен учи-

тивать эффект уменьшения количества информации, получаемой средствами разведки в процессе ПД при объединении разнотипных ТС ПД.

При оценке эффективности возможных вариантов комплексирования разнотипных ТС ПД воспользоваться байесовской формулой не представляется возможным по следующим причинам. Во-первых, помеховые возможности разнотипных ТС ПД в отношении конкретных объектов существенно различаются. Во-вторых, процесс защиты данных средством ПД зависит от результатов защиты данных другими средствами. И, наконец, формула Байеса не позволяет учесть эффект уменьшения вероятности обнаружения (и опознавания) защищаемых объектов за счет объединения разнотипных средств ПД.

В связи с этим при формулировке показателя качества информационной защищенности при комплексировании разнотипных ТС ПД удобнее всего воспользоваться *тестовым подходом* к оценке возможностей защиты объектов комплексом средств ПД, как сложной информационной системой. Рассмотрим вкратце сущность данного метода.

Пусть поле объектов для заданной задачи ПД описывается системой A , состоящей из N объектов:

$$A = \{a_n\}, n = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где $\{\}$ означает множество.

Любой n -ый объект находится в районе разведки (в системе A) с определенной априорной вероятностью P_n . При этом предполагается, что вся совокупность объектов образует полную группу, т.е. $\sum_{n=1}^N P_n = 1$.

Каждый объект защиты характеризуется определенным набором своих опознавательных параметров, входящих во множество признаков $B = \{b_m\} (m = \overline{1, M})$ всех объектов системы A . Следует отметить, что вся совокупность признаков B , описывающая систему объектов, должна отвечать двум требованиям: во-первых, любой признак множества B должен быть присущ хотя бы одному объекту из системы A ; во-вторых, все признаки множества B должны быть такими, чтобы обеспечивалась возможность их защиты средствами ПД. Описание объектов защиты на множестве их защищаемых параметров можно представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 - Значения параметров объектов

Объекты защиты	Априорные вероятности	Опознавательные параметры объектов					
		b_1	b_2	...	b_m	...	b_M
a_1	P_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1m}	...	x_{1M}
a_2	P_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2m}	...	x_{2M}
...	...	...	...	...	...	...	...
a_n	P_n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nm}	...	x_{nM}
...	...	...	...	...	...	...	...
a_N	P_N	x_{N1}	x_{N2}	...	x_{Nm}	...	x_{NM}

Параметр x_{nm} в таблице 1 характеризует принадлежность m -го признака n -му объекту защиты, причем $x_{nm}=1$ в случае наличия m -го признака у n -го объекта и $x_{nm}=0$ в противном случае. При расчетах на ЭВМ объекты защиты в системе защищаемых параметров удобнее описать матрицей X , составленной из элементов таблицы 1:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1M} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N1} & x_{N2} & \dots & x_{NM} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Задача защиты объектов при таком описании заключается в исключении набора параметров в конкретной строке матрицы (2).

Множество опознавательных параметров (столбцов матрицы X), обеспечивающее однозначное различение между собой строк рассматриваемой матрицы X , т.е. обеспечивающее однозначную защиту каждого из объектов системы A , называют *безусловным тестом* этой матрицы. Минимальная совокупность защищаемых параметров, при которой однозначно опознаются объекты системы A , образует *тупиковый тест*.

Реально исключаемая с помощью комплекса ТС ПД совокупность опознавательных параметров может не образовывать тупикового теста для рассматриваемой группы объектов. В этом случае невозможно однозначное опознавание всех объектов. Однако эффективность комплексирования той или иной совокупности ТС ПД можно оценить по степени близости вскрываемого набора параметров к тупиковому.

Информативные возможности технических средств ПД, т.е. их возможности по защите определенной совокупности опознавательных параметров (столбцов матрицы X) представим в виде таблицы 2.

Таблица 2 - Значения параметров ТС ПД

ТС ПД	Опознавательные параметры объектов					
	b_1	b_2	$\dots$	b_m	$\dots$	b_M
$ТС_1$	y_{11}	y_{12}	$\dots$	y_{1m}	$\dots$	y_{1M}
$ТС_2$	y_{21}	y_{22}	$\dots$	y_{2m}	$\dots$	y_{2M}
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
$ТС_q$	y_{q1}	y_{q2}	$\dots$	y_{qm}	$\dots$	y_{qM}
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
$ТС_Q$	y_{Q1}	y_{Q2}	$\dots$	y_{Qm}	$\dots$	y_{QM}

Элементы y_{qm} в таблице 2 представляют собой параметры, характеризующие возможности по защите m -го признака q -ым средством ПД: $y_{qm}=1$ при защите q -ым ТС ПД m -го параметра с вероятностью $P_{qm} \geq P_{m \text{ пор}}$ ($P_{m \text{ пор}}$ – пороговое допустимое значение вероятности защиты m -го параметра), $y_{qm}=0$ при защите q -ым средством m -го параметра с вероятностью $P_{qm} < P_{m \text{ пор}}$. Величины P_{qm} определяются тактико-техническими характеристиками ТС ПД и условиями ПД. Вероятность $P_{m \text{ пор}}$ выбирается исходя из требований к защите объектов от средств разведки.

Данные о возможностях ТС ПД по защите информации, представленные в таблице 2, также удобно записать в виде матрицы Y :

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1M} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{Q1} & y_{Q2} & \dots & y_{QM} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Из Q технических средств ПД можно составить $R = 2^Q - 1$ вариантов их применения. Следует отметить, что каждый r -й вариант комплекса ТС ПД (и тем более, каждое отдельное средство ПД) обеспечивает защиту ограниченного M_r -го количества параметров объектов из всего множества признаков B , при этом $M_r \leq M$. Состав возможных вариантов комплексирования ТС ПД опишем следующей матрицей-столбцом K_r :

$$K_r = \begin{bmatrix} k_{r1} \\ k_{r2} \\ \dots \\ k_{rQ} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где $r = \overline{1, R}$ - номер варианта комплексирования; R - число возможных вариантов комплексирования:

$$k_{rq} = \begin{cases} 1, & \text{если } q\text{-е средство ПД входит в состав } r\text{-го варианта,} \\ 0, & \text{если } q\text{-е средство ПД отсутствует в составе } r\text{-го варианта.} \end{cases}$$

Возможности отдельных вариантов комплексирования ТС ПД в отношении защиты параметров объектов от разведки удобно описать диагональной матрицей F_r вида

$$F_r = \begin{bmatrix} f_1^{(r)} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & f_2^{(r)} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & f_M^{(r)} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где элементы $f_m^{(r)}$ получаются в результате логического сложения элементов матрицы Y по столбцам применительно к r -му варианту комплекса:

$$f_m^{(r)} = \bigvee_{q=1}^Q k_{rq} y_{qm}. \quad (6)$$

Диагональную матрицу (5) в дальнейшем будем называть *информационной матрицей* r -го варианта комплексирования ТС ПД.

При умножении матрицы X на полученную диагональную матрицу F_r получим матрицу X_r описания рассматриваемой группы объектов (A) в системе опознавательных параметров, защищаемых r -м комплексом ПД:

$$X_r = XF_r = \begin{bmatrix} x_{11}f_1^{(r)} & x_{12}f_2^{(r)} & \dots & x_{1M}f_M^{(r)} \\ x_{21}f_1^{(r)} & x_{22}f_2^{(r)} & \dots & x_{2M}f_M^{(r)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N1}f_1^{(r)} & x_{N2}f_2^{(r)} & \dots & x_{NM}f_M^{(r)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_{11} & x'_{12} & \dots & x'_{1M} \\ x'_{21} & x'_{22} & \dots & x'_{2M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x'_{N1} & x'_{N2} & \dots & x'_{NM} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Оценим возможность применения предлагаемого метода для комплексирования базовых средств ПД.

Для количественной оценки степени приближения набора столбцов матрицы (2) к тупиковому тесту, т.е. для более детальной оценки защиты информации при комплексировании, воспользуемся математическим аппаратом теории информации. Согласно этой теории начальная (исходная) неопределенность о защищаемой системе объектов может быть описана с помощью *начальной энтропии* $H(A)$ системы объектов A , которая полностью определяется априорными вероятностями (P_n) объектов защиты:

$$H(A) = -\sum_{n=1}^N P_n \log P_n \quad (8)$$

Неопределенность состояния защиты объектов в общем случае устраняется не полностью, даже при наличии априорных данных о r -м комплексе ТС ПД. Остаточная неопределенность системы объектов после получения данных о r -м комплексе средств ПД характеризуется величиной *условной остаточной энтропии* $H(A/\widetilde{A}_r)$ ($\widetilde{A}_r$ - состояние системы A , определяемое по результатам имеющихся данных о r -м комплексе средств ПД). Значение $H(A/\widetilde{A}_r)$ определяется возможностями защиты информации комплекса и может быть вычислено с использованием матрицы X_r :

$$H(A/\widetilde{A}_r) = \sum_{s=1}^S P_s H(A/\widetilde{A}_{rs}) = -\sum_{s=1}^S \sum_{n_s=1}^{N_s} P_s P(A_{n_s}/\widetilde{A}_{rs}) \log P(A_{n_s}/\widetilde{A}_{rs}), \quad (9)$$

где S - число различных заключений об объектах защиты, которое можно сделать по характеристикам r -го комплекса (число различных состояний r -го комплекса ТС ПД), причем, $2 \leq S \leq N$; так например, для рассмотренного примера по матрицам X_1 , X_3 , X_4 и X_5 можно сделать 2, 5, 3 и 6 различных заключений о защищаемых объектах соответственно; N_s - число объектов защиты, о которых делается заключение в s -ом состоянии комплекса (так, для варианта K_4 в соответствии с матрицей X_4 $S = 3$, при этом для состояния 110000000 $N_1 = 4$, для состояния 100000000 $N_2 = 1$ и для состояния 00000000 $N_3 = 1$); P_s - вероятность s -го состояния комплекса, т.е. вероятность s -го заключения по данным r -го комплекса: $P(A_{n_s}/\widetilde{A}_{rs})$ - апостериорная вероятность n -го состояния системы объектов A , определяемая по s -му состоянию r -го варианта комплекса; n_s - номер объекта в s -ом состоянии комплекса.

Вероятность P_s определяется суммой априорных вероятностей объектов, соответствующих s -му состоянию комплекса:

$$P_s = \sum_{n_s=1}^{N_s} P_{n_s}, \quad (10)$$

В общем случае величина N_s в зависимости от возможностей защиты информации того или иного варианта комплексирования может находиться в пределах

$$1 \leq N_s \leq N - (S - 1),$$

В случае однозначной защиты объектов (строк матрицы X_r)

$$S=N, n_s = N_s=1.$$

Апостериорную вероятность $P(A_{n_s}/\widetilde{A}_{rs})$ можно рассчитать по формуле Байеса:

$$P(A_{n_s}/\widetilde{A}_{rs}) = \frac{P_{n_s}P(A_{n_s}/\widetilde{A}_{rs})}{\sum_{n_s=1}^{N_s} P_{n_s}P(A_{n_s}/\widetilde{A}_{rs})}, \quad (11)$$

где $P_{n_s}P(A_{n_s}/\widetilde{A}_{rs})$ - вероятность правдоподобия s -го состояния r -го комплекса n_s -му объекту из N_s .

Поскольку s -е состояние r -го комплекса равновероятно соответствует любому из N_s объектов, то можно принять, что $P(A_{n_s}/\widetilde{A}_{rs}) = \frac{1}{N_s}$. Следовательно, величина апостериорной вероятности n_s -го состояния системы объектов A может быть вычислена через априорные вероятности объектов на основании матриц X_r :

$$P(A_{n_s}/\widetilde{A}_{rs}) = \frac{P_{n_s}}{\sum_{n_s=1}^{N_s} P_{n_s}}, \quad (12)$$

Из полученного выражения следует, что чем меньше величина N_s , т.е. чем меньше неопределенность данных, получаемых для r -го комплекса ТС ПД, тем больше величина апостериорной вероятности. Если совокупность параметров, защищаемых r -м комплексом, обеспечивает однозначное получение разведданных об объектах (строк матрицы X_r), то $n_s = N_s = 1$ ($N = S$). В этом случае $P(A_{n_s}/\widetilde{A}_{rs}) = 1$, и $H(A/\widetilde{A}_{rs}) = 0$ и, следовательно, и $H(A/\widetilde{A}_r) = 0$. При неоднозначной защите объектов r -м комплексом средств остаточная неопределенность $H(A/\widetilde{A}_r) > 0$.

Для оценки возможностей защиты информации при различных вариантах комплексирования разнотипных ТС ПД удобнее использовать не остаточную энтропию $H(A/\widetilde{A}_r)$, а величину *количества информации* J_r , защищаемой r -м комплексом,

$$J_r = H(A) - H(A/\widetilde{A}_r) \quad (13)$$

или ее нормированную величину

$$I_r = \frac{H(A) - H(A/\widetilde{A}_r)}{H(A)}. \quad (14)$$

Таким образом, показатель I_r позволяет произвести многоградационную оценку защиты информации путем комплексирования разнотипных ТС ПД с учетом информационного вклада, вносимого каждым средством ПД. Этот же показатель может быть использован и при оценке защиты информации отдельными ТС ПД (в рассмотренном примере - варианты K_1 , K_2 и K_3), что очень важно при сравнительной оценке информативной защиты многофункционального комплекса и отдельных ТС ПД.

Библиографический список

1. Школьный Л.А. Радиоэлектронные комплексы воздушной разведки. –М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1986, 274 с.
2. Белов С.Г., Глазков С.Л., Жибуртович Н.Ю. и др. Оценка эффективности авиационных разведывательных и разведывательно-ударных комплексов. –М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1990, 88 с.
3. А.И. Куприянов, Л.Н. Шустов. РЭБ. Основы теории. –М.: Вузовская книга, 2011, 798 с.

УДК: 621.396

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ПРИ КОМПЛЕКСИРОВАНИИ РАЗНОТИПНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

*Мартьянов В.С., к.т.н., доцент, Введенский В.Л., к.т.н.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Для оценки возможностей защиты информации при различных вариантах комплексирования разнотипных ТС ПД удобно использовать величину количества информации J_r , защищаемой r -м комплексом,

$$J_r = H(A) - H\left(\frac{A}{\bar{A}_r}\right), \quad (1)$$

где $H(A)$ – начальная энтропия системы защищаемых объектов A , $H(A/\bar{A}_r)$ – условная остаточная энтропия ($\bar{A}_r$ – состояние системы A , определяемое по результатам имеющихся данных о r -м комплексе средств ПД), или ее нормированную величину

$$I_r = \frac{H(A) - H(A/\bar{A}_r)}{H(A)}.$$

Показатель защиты информации I_r при комплексировании ТС ПД рассмотрим применительно к определенной задаче ПД, характеризующейся конкретным набором (A) объектов ПД, и для определенных условий его ведения (времени суток, метеоусловий, высоты полета и др.), которые определяли информативные возможности защиты отдельными средствами ПД. Для оценки эффективности комплексирования ТС ПД при решении ряда типовых задач в диапазоне условий ведения ПД используем обобщенный показатель защиты информации $\bar{I}_r$, который можно получить усреднением показателя I_r по множеству задач и условий ведения ПД:

$$\bar{I}_r = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^{U_i} \sum_{k=1}^{V_{ij}} P_{ijk} I_r^{(ijk)}, \quad (2)$$

где P_{ijk} - вероятность выполнения i -й задачи ПД в j -х метеоусловиях с k -й высоты, причем весь набор условий и задач составляют полную группу, т.е. $\sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^{U_i} \sum_{k=1}^{V_{ij}} P_{ijk} = 1$;

$I_r^{(ijk)}$ - показатель защиты информации ПД, рассчитываемый по приведенной выше методике для i -й задачи в j -х метеоусловиях с k -й высоты ПД; Z - общее число рассматриваемых типовых задач ПД; U_i - число различных условий ведения ПД, возможных при решении i -й задачи; V_{ij} - число высот применения комплекса средств ПД при решении i - задачи в j -х условиях его ведения.

Значения вероятностей P_{ijk} определяются с учетом важности и частоты решения отдельных задач ПД, среднестатистических данных о частоте определенных метеоусловий для заданного района, возможностей системы ПВО противника в районе ПД, тактико-технических характеристик средств ПД и самолетов-носителей комплекса.

В качестве примера в таблице 1 приведены значения вероятностей выполнения отдельных задач ПД в безъядерный и ядерный периоды ведения боевых действий, рассчитанные на основе опыта учений,

Таблица 1 - Значения вероятностей выполнения отдельных задач ПД

№ п/п	Типовые задачи ПД	Вероятности выполнения типовых задач ПД		
		Безъядерный период	Ядерный период	
			Возможные значения	В среднем
1	ПД разведки ракетно-ядерных средств и складов с ядерными боеприпасами	0,2 – 0,25	0,3 – 0,4	0,35
2	ПД разведки аэродромов базирования авиации и самолетов-носителей ядерных боеприпасов	0,3 – 0,25	0,2 – 0,15	0,175
3	ПД разведки органов управления войсками и оружием, средствами ПВО	0,25 – 0,2	0,35 – 0,25	0,3
4	ПД разведки группировок сухопутных войск в районах сосредоточения и резервов	0,1 – 0,15		
5	Остальные задачи ПД	0,15	0,15 – 0,2	0,175

Вероятностная оценка метеоусловий ведения ПД может быть проведена на основании данных о количестве дней в году с различной высотой облачности, ограниченной дальности видимости, о количестве туманных

дней и т.п. В таблице2 приведены среднестатистические данные по метеоусловиям для Западного района.

Таблица 2- Среднестатистические данные по метеоусловиям

№	Характеристика высоты облач- ности	Количество дней с определенной облачностью в каждый трехмесячный период, %				Средний процент дней с определен- ной облачностью %
		март - май	июнь - ав- густ	сентябрь - ноябрь	декабрь - фев- раль	
1	Безоблачно	29,7	33,9	25,1	15,7	28,6
2	Выше 600 м	49,2	50,2	42,3	41,2 .	45,75
3	450-600 м	3,9	2,4	4	5,6	3,97
4	300-450 м	5,4	3,9	6,2	9,8	3,81
5	150– 300 м	6,5	5	8	14,1	8,4
6	Ниже 150 м	5,3	4,6	14,4	13,6	9,47

Для расчета обобщенного показателя $\bar{I}_r$ защиты информации следует составить матрицу $X_r^{(ijk)}$ для всех типовых задач ПД и условий их выполнения. Общее число N_r таких матриц определяется следующей суммой:

$$N_r = \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^{U_i} V_{ij}. \quad (3)$$

С учетом матриц $X_r^{(ijk)}$ и априорных вероятностей объектов защиты ПД для каждого типа задачи рассчитываются значения информативности r -го комплекса $I_r^{(ijk)}$ для всех типовых задач и условия ведения ПД, а затем, с учетом вероятностей P_{ijk} в соответствии с выражением (2), находится величина обобщенного показателя $\bar{I}_r$ для r -го комплекса ТС ПД. Аналогичные операции выполняются в отношении всех рассматриваемых вариантов комплексирования.

Определение оптимального набора ТС ПД на этапе разработки комплекса ПД или на этапе его штатного применения следует проводить по информационно-стоимостному критерию. При этом в зависимости от решаемой задачи комплексирования содержание стоимостного показателя C_r может быть различным (габариты и масса аппаратуры, время ПД, наряд летательных аппаратов ПД и т.д.).

Для примера сформулируем задачу оптимизации состава комплекса ПД на этапе его разработки. В качестве стоимостного показателя при решении данной задачи можно принять массу аппаратуры r -го комплекса M_r :

$$C_r = M_r = \sum_{q=1}^Q k_{rq} m_q, \quad (4)$$

где m_q – масса q -го ТС ПД; k_{rq} – элементы матрицы k_r .

В зависимости от выбора структуры (вида) информационно-стоимостного показателя эффективности комплекса возможны различные формулировки критерия оптимизации (синтеза) его состава. При функцио-

нальной зависимости информационно-стоимостного показателя E_r от показателей $\bar{I}_r$ и M_r , т.е. когда

$$E_r = f(\bar{I}_r, M_r), \quad (5)$$

в качестве критерия оптимальности можно выбрать экстремум E_r . Так, например, если в качестве показателя E_r взять отношение $\bar{I}_r$ к стоимостному показателю M_r

$$E_r = \frac{\bar{I}_r}{M_r},$$

то оптимальным можно считать вариант комплекса $K_r = K_{r \text{ опт}}$, обеспечивающий $\max \frac{\bar{I}_r}{M_r}$, т.е. обеспечивающий максимум защиты информации на единицу массы аппаратуры.

Однако такой критерий не всегда может удовлетворять оперативно-тактическим и эксплуатационно-техническим требованиям к многофункциональным комплексам (средствам) ПД. При наличии жестких ограничений на один из показателей $\bar{I}_r$ и M_r возможны следующие формулировки задачи оптимизации комплекса:

- выбрать состав комплекса $K_r = K_{r \text{ опт}}$, который при наличии ограничения на массу его аппаратуры $M_{r \text{ опт}} \leq M_0$ обеспечивал бы максимальную защиту информации при решении ряда типовых задач ПД в диапазоне заданных условий $\bar{I}_r = \max \bar{I}_r$, т.е.

$$\begin{cases} \bar{I}_{r \text{ опт}} = \max \bar{I}_r; \\ M_{r \text{ опт}} \leq M_0; \end{cases} \quad (6)$$

- выбрать состав комплекса $K_r = K_{r \text{ опт}}$, который при заданной степени защиты информации $I_{r \text{ опт}} \leq I_0$ имел бы минимальную массу аппаратуры $M_{r \text{ опт}} = \min M_0$, т.е.

$$\begin{cases} M_{r \text{ опт}} = \min M_0 \\ \bar{I}_{r \text{ опт}} \geq \bar{I}_0 \end{cases} \quad (7)$$

В силу того, что решение задачи оптимизации состава комплекса ищется среди конечного множества его вариантов, эта задача является дискретной. Рассмотрим кратко возможные методы решения этой задачи по выше приведенным критериям.

Предположим, что в соответствии с методикой, изложенной выше, по формуле (2) вычислены значения показателя защиты информации $\bar{I}_r$, и на основании соотношения (4) определена масса M_r для r -го комплекса. Каждый r -ый комплекс в этом случае характеризуется парой значений величин $\bar{I}_r$ и M_r , определяющих точку K_r на рассматриваемой плоскости (рисунок 1). Среди множества точек $K_1, \dots, K_r$ следует найти точку, которая являлась бы наилучшей (оптимальной) в соответствии с выбранным критерием.

В случае применения критерия (5) для каждой K_r -ой точки или, что равносильно, для каждого соответствующего ей r -го комплекса, определяется отношение показателей $\bar{I}_r$ и M_r и та точка (тот r -ый комплекс) будет наилучшей (оптимальным), у которой это отношение максимально. При

этом определение наилучшей точки (оптимального комплекса) может быть выполнено графически (рисунок 1). Если соединить K_r -ую точку прямой с началом координат, то тангенс угла α наклона этой прямой определяется следующим выражением:

$$\operatorname{tg} \alpha_r = \frac{\bar{I}_r}{M_r}.$$

И, следовательно, критерий (5) равносителен критерию $\max(\operatorname{tg} \alpha_r)$. В этом случае решение дискретной задачи оптимизации состава комплекса представляет собой точку, имеющую максимум тангенса угла наклона прямой, соединяющей ее с началом координат (точка K_2 на рисунке 1).

При применении критерия (6) решение задачи ищется не среди всего множества возможных вариантов состава комплекса, а только среди удовлетворяющих условию ограничения $M_r \leq M_0$. Действительно, наличие данного ограничения приводит к тому, что точки на плоскости, лежащие правее прямой AA' (рисунок 2), из дальнейшего рассмотрения исключаются. Среди оставшихся точек наилучшей считается та, у которой значение ординаты (показателя защиты информации) больше по сравнению с остальными точками. На рисунке 2 такой точкой является K_3 , т.е. третий вариант ($r = 3$) состава комплекса.

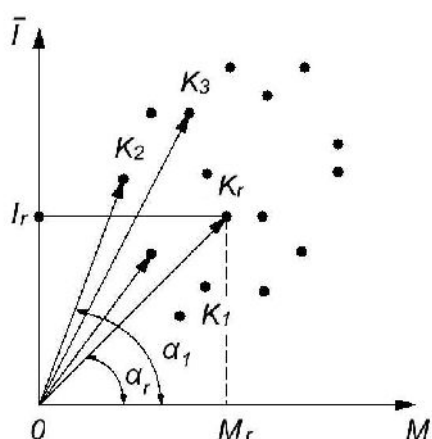


Рис. 1 Определение оптимального состава комплекса ПД по критерию 1.

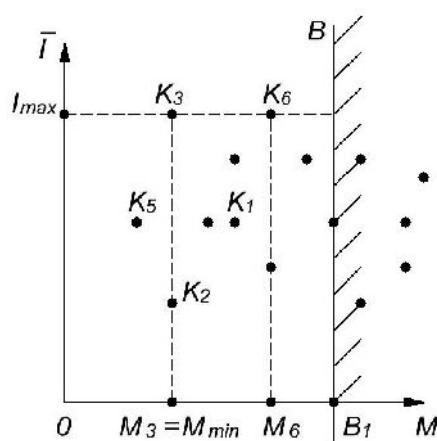


Рис. 2 Определение оптимального состава комплекса ПД по критерию 2

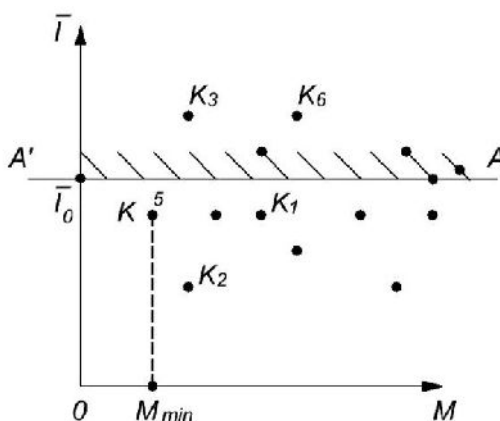


Рис. 3 Определение оптимального состава комплекса ПД по критерию 3

Критерий (7) по методу решения аналогичен критерию (6). Единственное различие состоит в том, что в роли ограничения выступает информационный показатель защиты ($\bar{l}_r \leq \bar{l}_0$). В этом случае вначале исключаются точки, лежащие выше прямой BB' , а среди оставшихся ищут точку с минимальным значением абсциссы (рисунок 3). Наилучшей точкой является K_5 , т.е. пятый вариант ($r = 5$) состава комплекса.

При применении данных методов решения задачи синтеза состава комплекса в общем случае может возникнуть неоднозначность, т.е. данному критерию будут соответствовать несколько точек (вариантов состава). В этом случае необходимо ввести еще дополнительное ограничение (условие). Например, на рисунке 2 критерию (6) кроме точки K_3 соответствует точка K_6 . Введение требования о наименьшем значении массы комплекса $M_{\min}$ приводит к устранению этой неоднозначности.

Библиографический список

1. Школьный Л.А. Радиоэлектронные комплексы воздушной разведки. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1986, 274 с.
2. Белов С.Г., Глазков С.Л., Жибуртович Н.Ю. и др. Оценка эффективности авиационных разведывательных и разведывательно-ударных комплексов. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1990, 88 с.
3. А.И. Куприянов, Л.Н. Шустов. РЭБ. Основы теории. – М.: Вузовская книга, 2011, 798 с.

УДК: 004.912

АНАЛИЗ ДАННЫХ ГОЛОГРАММЫ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕНИЯ МАССИВА СУФФИКСОВ

***Голованова М.В., техник 1-й категории, «ОАО Концерн радиостроения
«Вега», Москва, Россия***

В результате проведения в 2012 году наземных комплексных испытаний в разработанном радиолокаторе с синтезированной апертурой антенны космического базирования были выявлены нарушения протокола упаковки данных в выходной информации, предназначенной для дальнейшей её передачи по радиоканалу на наземный комплекс приёма и обработки информации.

Средствами диагностики стенда комплексных испытаний космического аппарата обнаружить зондирующий сигнал (пилот-сигнал, прошедший сквозной тракт радиолокатора через линию задержки) в сделанных записях из-за сбоя не удалось. Материалы с записями в рабочем порядке были переданы разработчикам аппарата для анализа и подтверждения характеристик изделия РСА на соответствие их ТУ.

Анализ данных с технического комплекта изделия РСА в ОАО "Концерн "Вега" показал, что наблюдается сбой синхронизации при записи цифровой радиолокационной информации с выхода изделия РСА на бортовое накопительное устройство. При этом все характеристики изделия РСА соответствовали ТУ. Процедура анализа данных заняла около одной рабочей недели, что является весьма существенным временным интервалом при проведении комплексных испытаний. Основной задачей анализа ставился поиск в файле признаков или фрагментов пилот-сигнала радиолокатора с целью оценки его характеристик. Служебная информация кадра и строк была повреждена и не анализировалась.

Наличие псевдослучайных последовательностей маркеров строк в радиолокационной информации позволило обнаружить присутствие строк в сделанных записях. При этом были обнаружены цепочки последовательных записей маркеров без их наполнения полезной информацией и строки разной длины, как меньшей или большей априорно посчитанной. Цепочки маркеров иногда составляли до 50% всего объема файла, объясняется это тем, что бортовое накопительное устройство продолжает запись на диск при имитации ухода КА на теневой виток. Разная длительность строк объяснялось потерей информации при записи на ЗУ. Если пропадание куска информации приходилось на маркер, то образовывалась "слипшаяся" длинная строка, если на середину строки, то образовывалась более короткая строка. Для иллюстрации эффекта была построена гистограмма длительности строк.

В целях сокращения времени анализа записей радиолокационной информации в последующем была разработана специальная программа поиска элементов повторяющейся информации в заданном бинарном файле за приемлемое время работы и с приемлемыми требованиями к объему оперативной памяти, доступной программе. Программа позволяет оценить в заданном файле количество и вид повторяющихся произвольных элементов информации заданной длины, подсчитать количество повторов с частичным несовпадением. Программа была протестирована и отлажена на записях ТК изделия РСА.

Решение задачи поиска повторяющихся подпоследовательностей строится на основе построения массива суффиксов. Суффиксом в данном случае называется подстрока текста ненулевой длины. Массив суффиксов представляет собой упорядоченную последовательность индексов всех суффиксов в изначальном тексте. Таким образом, поиск в тексте осуществляется проще – указатели на повторяющиеся слова расположены в массиве суффиксов по-соседству. Средняя сложность алгоритма для файлов фиксированной длины берётся $O(N)$, где N – число байт в файле. Данный алгоритм с равной эффективностью может быть использован для анализа текстовых и бинарных файлов.

Программа, разработанная для анализа данных с ТК РСА, состоит из двух подпрограмм, первая из которых осуществляет формирование массива суффиксов, а вторая поиск в файле при уже имеющемся массиве.

Общая схема построения суффиксного массива такова:

1) Исходный файл считывается побайтно и каждый байт помещается в массив целых чисел Y . На данном же этапе выполняется проверка соответствия глубины сортировки размерам начального файла;

2) Формируется начальный массив Pos указателей на начала последовательностей;

3) Массив Pos преобразовывается таким образом, чтобы соответствующие индексы суффиксов были расположены в нём в порядке лексикографической сортировки;

4) Массив суффиксов записывается в файл

Поиск в файле осуществляется последовательным просмотром всех последовательностей и сравнением их друг с другом. Суффиксный массив же при этом существует для облегчения поиска – переход от одной последовательности к другой осуществляется в соответствии с тем, какие индексы поставлены рядом.

Рассмотрим небольшой пример. Пусть у нас имеется последовательность “abbab”. Суффиксный массив, формируемый программой, будет $\{-4, -1, -5, -3, -2\}$. Он показывает смещение суффикса относительно его положения в списке, расположенном в порядке лексикографической сортировки. Если мы при этом ищем подпоследовательности длиной в 2 символа, то таких нам будет выведено 3:

2 of ab at 1 4
1 of ba at 3
1 of bb at 2

Нетрудно проверить, что в данной последовательности действительно только 3 подпоследовательности длины 2. Если же мы проверим на подпоследовательностях длины 1, то увидим только 2 записи:

2 of a at 1 4
3 of b at 2 3 5

Таким образом, мы видим, что на выходе программы получается файл, содержащий в себе информацию о количестве повторений подпоследовательностей, их виде и местах расположения.

Данная программа удовлетворяет поставленным условиям: выполняет анализ данных в счётное время, отображает все последовательности, длины не меньше заданной, их тип и расположение, что облегчает задачу поиска неверно сформированных строк голограммы.

Библиографический список

1. Смит Б. Методы и алгоритмы вычислений на строках.: Пер. с англ. — М.:ООО"И.Д. Вильямс 2006.
2. Manber U., Myers G. Suffix arrays: A new method for on-line string searches. — Comput., 22(5), pp.935-948, Oct 1993.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ И СВЯЗИ ПАССАЖИРСКОГО ПОЕЗДА

*Зенин И.Ю., аспирант кафедры «Радиолокация и радионавигация»,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Система контроля безопасности и связи пассажирского поезда предназначена для оповещения поездной бригады об аварийных ситуациях, а также для организации производственно-технологической связи в железнодорожных составах. Оборудование системы повышает безопасность эксплуатации пассажирского поезда и, одновременно, уровень сервиса.

Система обеспечивает:

- приём аварийных сигналов от системы пожарной сигнализации вагона, системы контроля нагрева букс, сигнализации блокировки колёс и других систем;
- формирование речевых сообщений соответствующих полученным аварийным сигналам и автоматическую передачу таких сообщений на переносные телефоны сотрудников поездной бригады в любой вагон движущегося или стоящего состава;
- беспроводную телефонную связь поездной бригады и транспортной милиции в любом вагоне движущегося состава и в радиусе до 400 метров от стоящего поезда;
- телефонную связь начальника поезда с абонентами телефонной сети общего пользования по каналу спутниковой связи в любой точке Российской Федерации
- обмен данными между начальником поезда и диспетчером по каналу связи GSM или по каналу спутниковой связи;
- приём и обработку сигналов спутниковых систем глобального позиционирования ГЛОНАСС/GPS, передачу координатной информации - местоположение поезда, скорость, направление движения, точное время и время в пути, пройденное расстояние, а также передачу важных параметрических данных на коммуникационный сервер по каналу связи GSM или по спутниковому каналу связи системы.

Планируется, в будущем система сможет передавать по каналам спутниковой связи не только сообщение об аварийной ситуации, но и видеозображение из вагонов поезда в диспетчерскую службу, а также работать по альтернативным каналам связи (GSM/GPRS, Wi Max/Wi Fi)

Состав системы показан в таблице.

Для передачи служебной информации система использует каналы спутниковой связи. Учитывая требования заказчика по снижению эксплуатационных расходов, мы планируем оборудовать систему дополнительными

ми GSM-модемами. На некоторых участках движения составов мы, таким образом, сможем использовать не только каналы спутниковой связи, но и каналы мобильной связи стандарта GSM, что уменьшит расходы.

Таблица

Состав оборудования системы контроля безопасности и связи поезда

Наименование	Количество (шт./компл.)		
	Купе проводника	Радиокупе	Итого
Центральная управляющая система	–	1	1
Электронная карта регистрации вагонов	–	24	24
Носимый терминал	1	3	4
Зарядное устройство для трёх терминалов	–	1	1
УПАС-ретранслятор	1	–	1
Антенный модуль с базовыми станциями DECT	–	2	2
Системный телефон	–	1	1
Аппаратура спутниковой связи и навигации	–	1	1
Кнопка сигнализации опасности	1	–	1

В штабном вагоне установлен Железнодорожный Терминал Инмарсат Thrane & Thrane TT-3740A FleetBroadband Sailor 500. Это широкополосное телекоммуникационное решение офисного класса на железной дороге, предоставляющее одновременный доступ в режиме реального времени к подробным навигационным картам, позволяющее начальнику поезда общаться по деловым вопросам и быть на связи с дежурными службами, а проводникам поезда поддерживать связь между вагонами, и начальником поезда. Sailor FB500 Inmarsat Terminal объединяет в себе полноценную функциональность корпоративного уровня связи и его ценовую доступность. Благодаря сервису FleetBroadband спутниковой системы связи Инмарсат терминал TT-3740A Sailor FB500 гарантирует сотрудникам поезда доступ ко всем привычным телекоммуникационным услугам, к которым они имеют свободный доступ дома: к голосовой связи высокого качества, сети Интернет на максимальной скорости 432 кБит/сек., высокоскоростной передаче данных с гарантированной скоростью до 256 кБит в секунду, приему и отправке сообщений по электронной почте, коротких текстовых сообщений SMS (до 160 символов), факсимильных сообщений, удаленную работу с корпоративной сетью компании по протоколу VPN.

Связь со спутниками системы Инмарсат терминал Inmarsat Sailor FB500 осуществляет на частотах 1525-1559 МГц на прием и 1626,5-1660,5 МГц на передачу.

Простота установки и настройки системы обусловлена компактными размерами и быстрой интегрируемости Спутникового Морского Терминала

Инмарсат Thrane & Thrane FTT-3740A leetBroadband Sailor 500 в локальную бортовую сеть состава. Настройка параметров системы может осуществляться через WEB интерфейс или штатную проводную IP трубку ТТ-3670А.

В терминале ТТ-3740А имеются 2 аналоговых телефонных/факсимильных интерфейса (разъемы RJ-11), к которым можно подключить любой стандартный двухпроводной телефонный аппарат, в том числе беспроводной, факсимильный аппарат или автоответчик.

Наличие у морского спутникового терминала Sailor FB500 8-ми контактного Универсального программируемого разъема ввода/ вывода (I/O) с 5-ю входами/выходами дает возможность удаленного мониторинга и управления терминалом или бортовым оборудованием поезда.

В штабном вагоне установлен комплект оборудования, состоящий из центральной управляющей системы с базовыми станциями, аппаратуры спутниковой связи и навигации, системного телефонов и антенных устройств, расположенными на крыше штабного вагона.

На других вагонах поезда установлены комплекты оборудования, включающие в себя: устройство адресной передачи аварийных сообщений и громкой связи; радиointерфейс с внешней антенной; переносной терминал проводника для получения сигналов об аварийной ситуации и для связи с начальником поезда, поездным электромехаником, сотрудниками милиции, а также кнопку сигнализации опасности.

Центральная управляющая система (ЦУС) объединяет в себе функции устройства управления соединениями в системе. К ЦУС подключается системный телефон и антенные модули с базовыми станциями DECT. Электропитание ЦУС осуществляется от напряжения бортовой сети вагона.

Системный телефон обеспечивает вызов носимых терминалов, получение сообщений об аварийных ситуациях, а также индикацию использования ресурсов в системе.

Базовые станции DECT предназначены для организации радиоканалов с абонентскими устройствами в системе (носимые терминалы и УПАС-ретрансляторы). Для обеспечения необходимой пропускной способности в состав системы входят четыре базовые станции. К каждому антенному модулю подключаются по две базовые станции. Каждая базовая станция подключается к ЦУС.

Антенный модуль предназначен для приема и передачи радиосигналов. Каждый антенный модуль содержит четыре антенны и имеет круговую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости. Модуль подключается к двум базовым станциям четырьмя высокочастотными кабелями.

Станция спутниковой связи обеспечивает связь с сетью связи общего пользования через глобальную сеть спутниковой связи Инмарсат, включающую в себя четыре спутника, расположенных над экватором. Эти спутники находятся на геостационарной орбите над западным регионом Атлантического океана, восточным регионом Атлантического океана, Индийским

океаном и регионом Тихого океана, обеспечивая тем самым оптимальную зону покрытия.

Аппаратура спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS предназначена для приёма и обработки сигналов спутниковых систем глобального позиционирования ГЛОНАСС/GPS, передачи координатной информации (географические координаты, скорость, направление движения, время в пути, пройденный путь, точное время и пр.) на коммуникационный сервер по спутниковому каналу связи системы Инмарсат, отображения на мониторе координатной информации на электронной карте местности.

Программное обеспечение позволяет диспетчеру видеть на экране список поездов, которые в настоящее время находятся в движении, а также архив маршрутов.

Маршрут движения выбранного поезда (текущий или из архива) отображается на электронной карте местности. Кроме того, на карту выводится следующая информация:

- географические координаты местонахождения поезда;
- все остановки (время остановки, продолжительность, время начала движения);
- мгновенная скорость;
- пройденный путь;
- время в пути и другая необходимая информация.

Библиографический список

1. <http://www.abc-tel.ru/radio/dect/1>
2. Зорин В.И. Применение спутниковых навигационных систем GPS/GLONASS в системах управления и обеспечения безопасности движения поездов // Сборник докладов международной научно- практической конференции «Спутниковые технологии и цифровые системы связи», 2007, с. 16-18.
3. Астрахан В.И. Система интервального регулирования движения поездов с координатным методом контроля, использованием спутниковых навигационных средств и радиоканала для. передачи данных / Астрахан В.И., Новиков В.Г. // Труды 10-й научно- практической конференции Безопасность движения поездов. - М.: МИИТ, 2009. с.8-9.
4. Патент РФ на изобретение №2395424. Система контроля безопасности и связи пассажирского поезда. // Ряховский В. И. Коваленко В. Н. Наумчук Г. Л. Костина М. Е. Чернуха Ф. А. Костин В. И. Богатырев В. Н.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПЛИСС ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИНХРОНИЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА МОДУЛЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ АВИАЦИОННОГО ДИСС

Лим В.О., студент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В Российской промышленности в последнее время очень остро стоит вопрос о модернизации и перспективах развития многих ее отраслей. Не стало исключением и такое перспективное направление как радиоэлектронные и телекоммуникационные отрасли.

Основной проблемой в вопросах связанных с развитием и модернизацией автору данного доклада видится отставание отечественной элементной базы от зарубежных аналогов и как следствие осложнение процесса создания новых образцов технических средств, в радиоэлектронном и телекоммуникационном направлении.

В качестве примера возьмем все известные доплеровского измерителя составляющих скоростей (ДИСС), являющиеся источником важнейшей навигационной информации при полетах над безориентирной местностью. Работа прибора основана на эффекте Доплера, т. е. изменении частоты отраженных от движущегося объекта электромагнитных колебаний.

Измеритель работает при полете над любым видом поверхности независимо от оптической видимости и времени года.

На данный момент эксплуатируются такие модели как ДИСС-7 или ДИСС -13 создание которых датированы еще концом прошлого столетия.

Не для кого не секрет, что переход от аналоговой техники к цифровой есть решающий шаг в развитии современных технологий.

Возьмем к примеру, рассмотренные в данной статье возможности реализации синхронизирующего устройства на основе ПЛИС.

Программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС, англ. programmable logic device, PLD) — электронный компонент, используемый для создания цифровых интегральных схем. В отличие от обычных цифровых микросхем, логика работы ПЛИС не определяется при изготовлении, а задаётся посредством программирования (проектирования).

Для программирования используются программаторы и отладочные среды, позволяющие задать желаемую структуру цифрового устройства в виде принципиальной электрической схемы или программы на специальных языках описания аппаратуры: Verilog, VHDL, AHDL и др.

ПЛИС постоянно развиваются, находятся все более новые образцы, постоянно растет количество средств для их программирования.

ПЛИС широко используется для построения различных по сложности и по возможностям цифровых устройств. Это приложения, где необходимо большое количество портов ввода-вывода (бывают ПЛИС с более чем 1000

выводов («пинов»)), цифровая обработка сигнала (ЦОС), высокоскоростная передача данных, криптография, моделирование квантовых вычислений.

Именно из-за множества возможностей для применения и гибкой системы программирования в качестве возможного синхронизирующего устройства была выбрана именно ПЛИС.

Для реализации поставленной задачи была выбрана ПЛИС изготовленная фирмой "Altera". А для самого процесса программирования выбран система автоматического проектирования (САПР) MAX+PLUS II, Quartus II 9.0

В процессе проектирования ПЛИС САПР формирует файлы конфигурации.

В течение длительного времени единственным форматом таких файлов являлся международный стандарт JEDEC, обеспечивающий совместимость с устройствами прошивки ПЛИС – программаторами. Однако для некоторых новых микросхем используются либо специфические (как для ПЛИС семейств MAX7000/9000), либо стандартные (например, шестнадцатеричные HEX для ПЛИС семейств FLEX 8000/10K) форматы.

Завершающим этапом изготовления устройства на основе ПЛИС является загрузка конфигурации в микросхему. В зависимости от технологии ПЛИС различают два варианта реализации этого процесса:

- технологическое программирование;
- инициализация.

Технологическое программирование производится для ПЛИС, изготовленных по технологии ТТЛШ или КМОП с ультрафиолетовым (EPROM), или электрическим (EEPROM) стиранием и обладающих способностью сохранять конфигурацию (прошивку) при отсутствии напряжения питания. Как правило, технологическое программирование требует наличия программатора, что увеличивает стоимость применения ПЛИС и снижает возможности перехода на новые типы микросхем. Инициализация характерна для ПЛИС, изготовленных по технологии статического ОЗУ (SRAM): они сохраняют конфигурацию только при наличии напряжения питания и выдерживают неограниченное число циклов перепрограммирования (более 10^5 раз). Поэтому при применении таких устройств необходимо предусмотреть возможность загрузки конфигурации в ПЛИС после включения устройства. Во время компиляции модуль Assembler системы Quartus II генерирует файлы, которые модуль программирования (Programmer) Quartus II может использовать для программирования или конфигурирования устройства при помощи аппаратных средств программирования компании Altera. Модуль Programmer позволяет создавать файл описания цепи (.cdf), который содержит названия и опции устройств, используемых в проекте.

Библиографический список

1. Автономные доплеровские устройства и системы навигации летательных аппаратов. Колчинский В.Е. Москва "советское радио" 1975.

2. Системы автоматизированного проектирования фирмы Altera MAX+plus II и Quartus II Д. А. Комолов, Р. А. Мяльк, А. А. Зобенко Радио-Софт, 2002.

3. ПЛИС фирмы "Altera": элементарная база, система проектирования и языки описания аппаратуры Стешенко В. Б. Додэка XXI, 2007.

УДК: 621.396.7

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ

***В.А.Плющев^{1,2} к.т.н., с.н.с., И.А.Сидоров^{1,2} к.т.н., А.Д.Реицков¹,
А.П.Солдатенко¹***

¹- ОАО «Концерн «Вега», Москва, Россия

²- МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Использование средств пассивной радиолокации для мониторинга земной поверхности позволяет собрать широкий спектр данных о наблюдаемых объектах, который невозможно получить, используя другие виды радиолокации. В связи с этим многие развитые страны мира, в том числе Россия и США, ведут активную разработку радиометрических систем, а также методов позволяющих увеличить информативность радиометрических измерений. Одним из основных направлений развития в данной области является повышение разрешающей способности путем реализации пассивного синтеза апертуры.

Радиометрическая система с синтезированной апертурой представляет собой набор элементарных антенн, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. Диаграмма направленности системы зависит от взаимного расположения антенн, а так же от отношения длины волны к расстоянию между фазовыми центрами зеркал.

В данной статье рассматриваются результаты моделирования трех конфигураций радиометрических систем с синтезированной апертурой: «Х» конфигурация, известная так же как крест Миллса, «У» конфигурация и «П» конфигурация. Моделирование проводилось в среде Mathcad, расчеты производились с учетом следующих параметров: длина волны падающего излучения, $\lambda = 30\text{см}$, расстояние между фазовыми центрами антенн, $d = 45\text{см}$, количество элементарных антенн, $N = 13$.

На рисунке 1 изображена диаграмма направленности элементарной антенны.

Ширина диаграммы направленности по уровню 0,5 составляет 50° , боковые лепестки отсутствуют.

На рисунке 2 изображена диаграмма направленности системы состоящей из 13 элементарных антенн, которые образуют «X» конфигурацию, так же известную как крест Миллса.

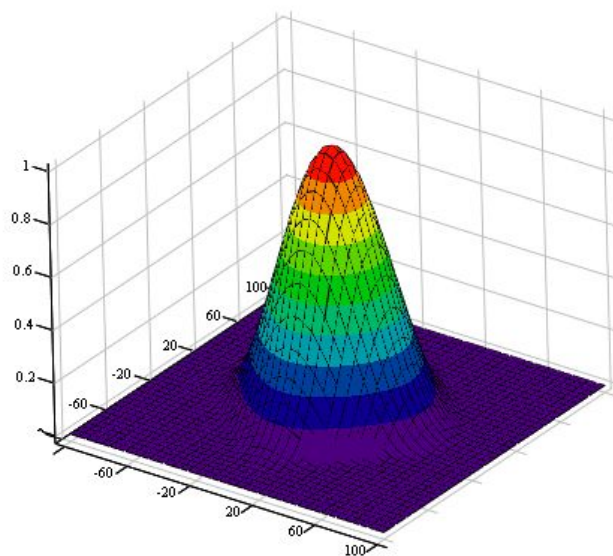


Рис. 1 Диаграмма направленности элементарной антенны

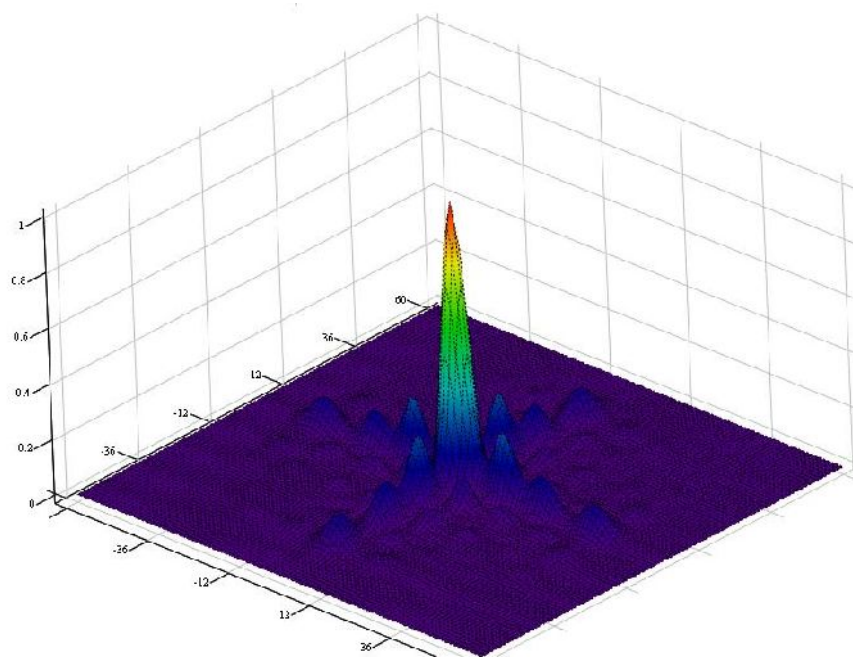


Рис. 2 Диаграмма направленности креста Миллса.

Заметно сильное сужение основного лепестка, его ширина – 8° , следует отметить появление боковых лепестков по уровню $-6,5$ дБ, их можно снизить, уменьшив расстояние между фазовыми центрами антенн, но при этом увеличится ширина основного лепестка.

На рисунке 3 изображена диаграмма направленности системы состоящей из 13 элементарных антенн с «Y» конфигурацией. Основное ее отличие от диаграммы изображенной на рисунке 2 – различная ширина лепестков по осям. По одной оси основной лепесток «Y» конфигурации уже, чем

основной лепесток креста Миллса на 2° , по другой шире. Это обусловлено тем, что при «Y» конфигурации синтезированная апертура имеет разную длину по осям и в одном направлении апертура больше чем у креста Миллса, в другом меньше.

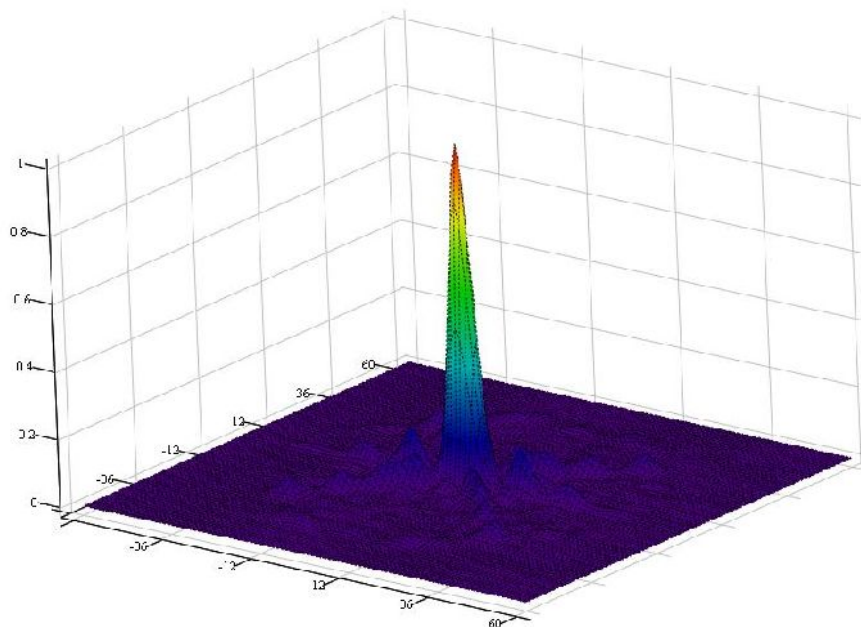


Рис. 3. Диаграмма направленности системы с «Y» конфигурацией

Боковые лепестки «X» конфигурации расположены вдоль осей, в то время как боковые лепестки «Y» отклонены от них и имеют меньший уровень: -10 дБ.

На рисунке 4 изображена диаграмма направленности системы, состоящей из 13 антенн, расположенных «П» конфигурацией.

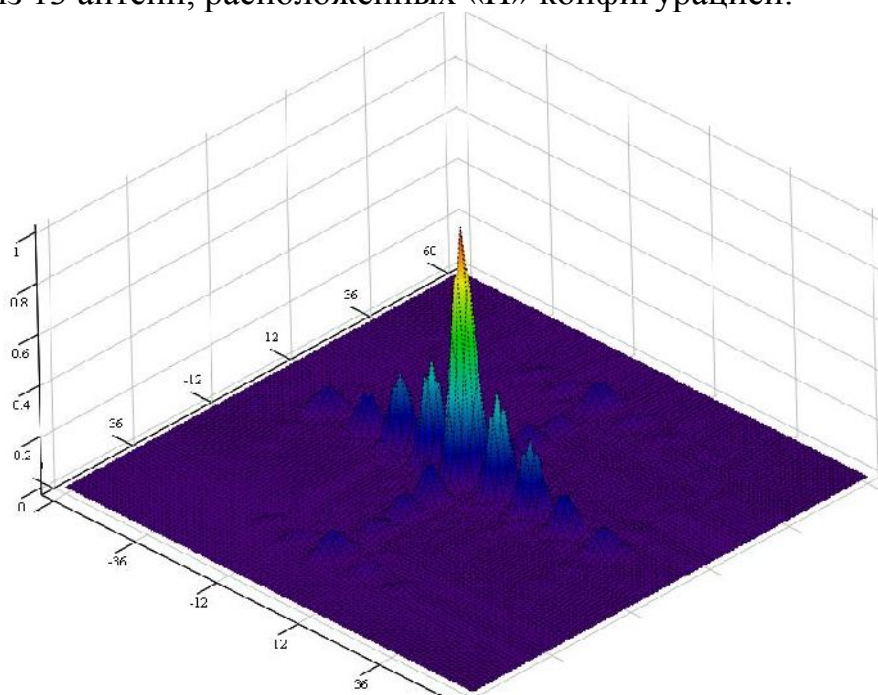


Рис. 4. Диаграмма направленности системы с «П» конфигурацией

В данном случае система имеет одинаковую длину синтезированной апертуры по осям, вследствие чего ширина лепестков одинаковая по двум направлениям. Наличие элементарных антенн, фазовые центры которых расположены на параллельных прямых, вдоль одной из осей приводит к заметному увеличению боковых лепестков по этому направлению.

Пассивный синтез апертуры позволяет значительно увеличить разрешающую способность и тем самым увеличить информативность радиометрических измерений. Следует отметить, что применение цифровых методов при обработке сигналов радиометрических систем с синтезированной апертурой позволяет увеличить точность измерений, а также делает возможным использование особенностей различных конфигураций для решения поставленных задач.

Библиографический список

1. Кондратенков Г.С. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли. – М.: «Радиотехника», 2005. – 368 с.
2. Быстров Р.П. Пассивная радиолокация: методы обнаружения объектов. – М.: Радиотехника, 2008. – 320 с.: ил.
3. Вербя В.С., Гуляев Ю.В., Шутко А.М. и др. СВЧ-радиометрия земной и водной поверхности: от теории к практике – М.: «Наука», 2009 г. 180 с.
4. Радиотелескопы и радиометры. Есепкина Н.А., Корольев Д.В., Парийский Ю.Н. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1973, 416 с.

УДК: 621.396

ИЗЛУЧАТЕЛЬ ДЕЦИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА В ПЕЧАТНОМ ИСПОЛНЕНИИ

Подгорнов И.А., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

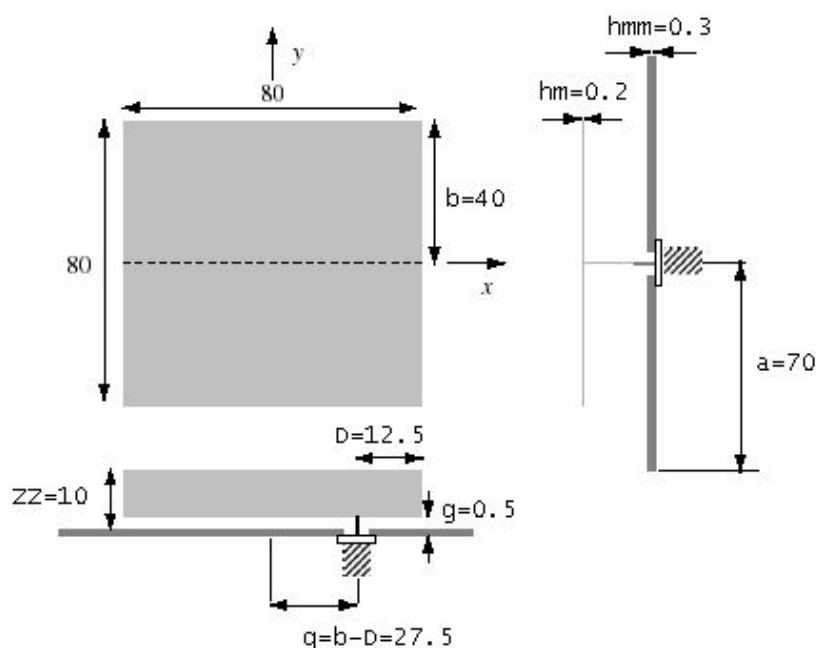
Антенны в печатном исполнении или патч-антенны широко используются в радиотехнике. Моделированная антенна работает в дециметровом диапазоне частот. Оптимизация КСВ проведена по трем геометрическим величинам. Результат произведенного моделирования качественно соответствует ожидаемому.

Требования к моделируемой антенне:

Рабочий диапазон частот: 800 МГц, $F_0=2.1$ ГГц.

Решение поставленной задачи: в книге по антенной технике [1] найдена антенна с похожими характеристиками, она и была взята за основу.

Моделирование проводилось в CST Microwave Studio. CST Microwave Studio мощная платформа для моделирования различных типов задач электродинамики. Это инструмент для быстрого и точного численного моделирования высокочастотных устройств (антенн, фильтров, ответвителей мощности, многослойных структур), а также анализа проблем целостности сигналов и электромагнитной совместимости.



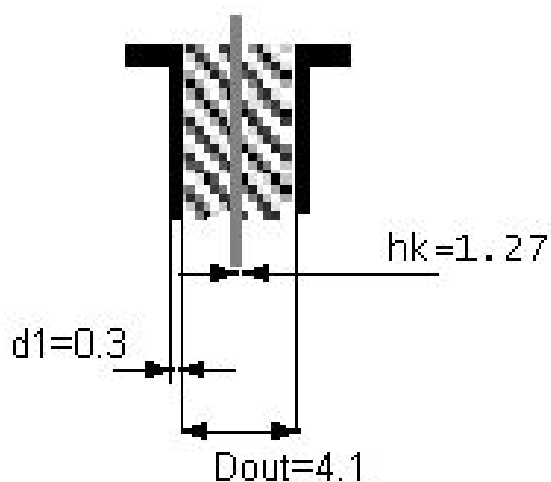
Геометрические размеры антенны:

zz - высота поперечной пластины

g - расстояние между поперечной и земляной пластинами

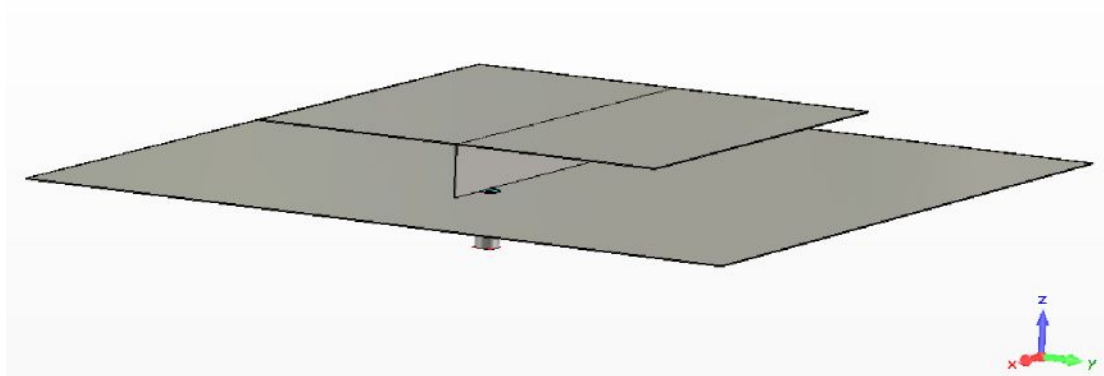
q - расстояние от центра земляной пластины до коаксиального разъема

Геометрические размеры коаксиального разъема:

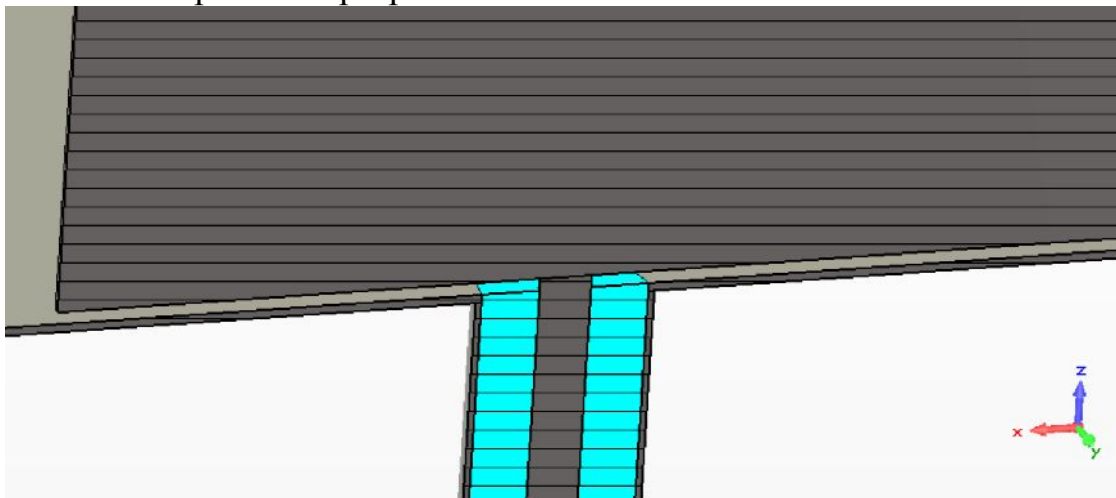


Все размеры приведены в мм.

Внешний вид антенны:

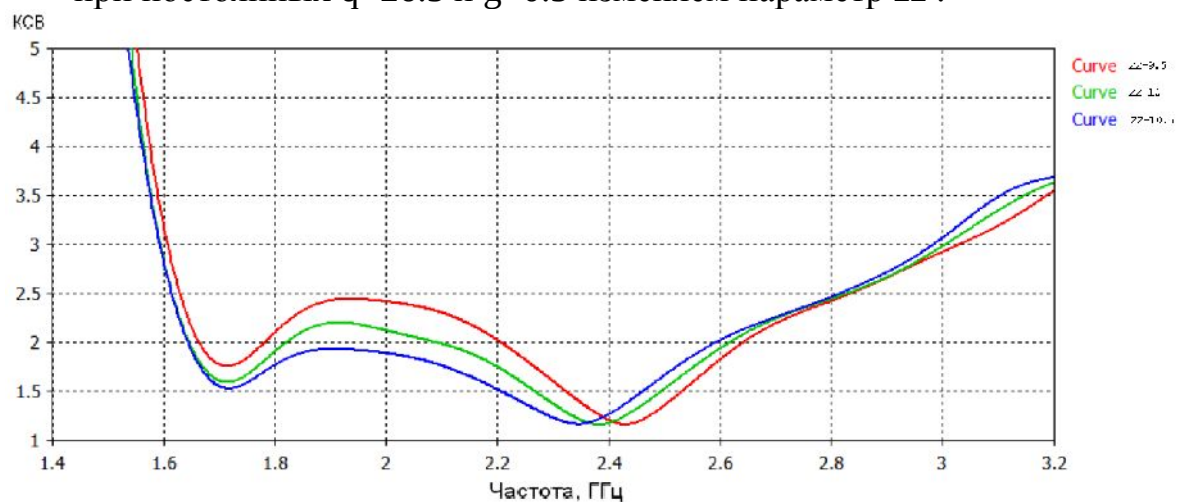


Коаксиальный разъем в разрезе:



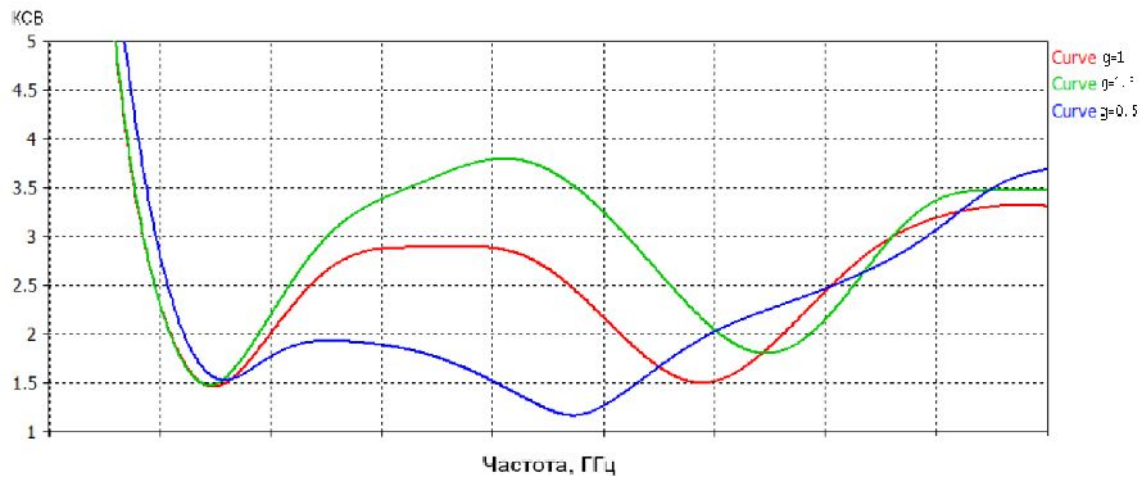
При моделировании параметров антенны были получены зависимости КСВ от частоты. Для достижения более подходящей характеристики КСВ были изменены: q , g , zz и получены графики, которые показывают их влияние на КСВ:

-при постоянных $q=26.5$ и $g=0.5$ изменяем параметр zz :



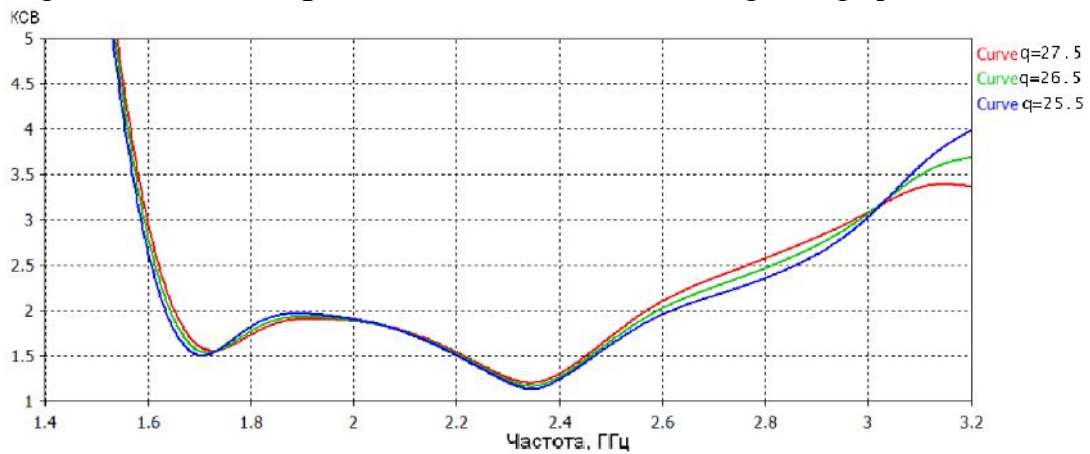
Оптимальное значение параметра $zz=10.5$ мм.

-при постоянных $q=26.5$ и $zz=10.5$ изменяем параметр g :



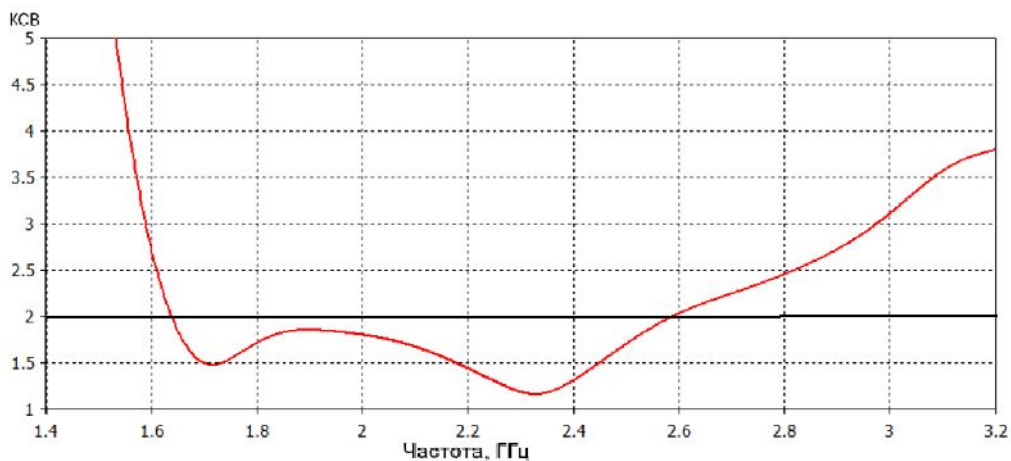
Оптимальное значение параметра $g=0.5$ мм.

-при постоянных $g=0.5$ и $zz=10.5$ изменяем параметр q :



Оптимальное значение параметра $q=26.5$ мм.

График зависимости KCB от частоты при $q=26.5$ мм, $g=0.5$ мм, $zz=10.5$ мм



Результат произведенного моделирования качественно соответствует ожидаемому.

Библиографический список

1. Broadband Planar Antennas Design and Applications- Zhi Ning Chen and Michail Y.W. Chia

БЛОК ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ С СИНТЕЗИРОВАНИЕМ АПЕРТУРЫ

Сидоров И.А.^{1,2} к.т.н.

¹- Начальник отдела, ОАО «Концерн «Вега», Москва, Россия

²- Доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Радиометрические системы, разрабатываемые в концерне «Вега», применяются в трёх направлениях. А именно, в системах дистанционного зондирования земли с наземных носителей, авиационных – как пилотируемых, так и беспилотных и космических платформ, в медицинских системах для термографирования тела человека или животных и в системах обеспечения безопасности, для обнаружения различных объектов, скрытых под одеждой человека [1].

В настоящее время наиболее динамично развивается первое направление – дистанционное зондирование земли, так как информация, получаемая СВЧ-радиометрами, используется геоинформационными системами, такими как ГИМС-Регион в Болгарии [2], для решения задач оперативной диагностики, оценки масштабов и уменьшения последствий стрессовых природных процессов. Сейчас, в связи с глобальным изменением климата, и ростом числа природных катастроф, это направление стало особенно актуальным в ряде стран Европы и в России.

Однако, низкая разрешающая способность космических систем с размером разрешаемого элемента, порядка пятьдесят на пятьдесят километров [3], не позволяет в полной мере воспользоваться преимуществами СВЧ-радиометрического зондирования. Авиационные радиометрические системы позволяют получать более высокие разрешающие способности, в L-диапазоне, порядка пятьдесят на пятьдесят метров при полёте на высоте около ста метров, что также не всегда является достаточным.

Таким образом, актуальной является задача повышения разрешающей способности СВЧ-радиометрических систем дистанционного зондирования, особенно в L-диапазоне.

Простое увеличение апертуры антенны, с целью получения более узкой диаграммы направленности, и как следствия, более высокой разрешающей способности, не всегда применимо, так как антенны больших размеров трудно разместить на борту самолёта. Альтернативным решением, популярным сегодня у европейских и американских исследователей, стало использование систем с пассивным, интерферометрическим синтезом апертуры. При этом, одновременно используется несколько радиометрических приёмников, со сравнительно небольшими размерами антенн, порядка длинны волны, расположенными в определённом порядке и разнесёнными на различные расстояния. Ширина главного луча диаграммы направленно-

сти отдельного приёмника может быть достаточно большой – от пятидесяти до семидесяти градусов, но ширина синтезированного луча в интерферометрической системе может быть в десятки раз меньше, так как определяется базой системы - расстоянием между наиболее удалёнными антеннами, числом элементарных приёмников и длиной волны [4].

Для использования в качестве элементарного приёмника собственного теплового излучения подстилающей поверхности требуется применение особого радиометрического приёмника, способного принимать и запоминать информацию не только об амплитуде радиотепловой волны, но также и о её фазе.

Такой радиометрический приёмник – унифицированный электронный модуль «РАСА» был разработан в концерне «Вега» по заказу Минпромторга РФ. Для реализации радиометрической системы с интерферометрическим пассивным синтезом апертуры осталось разработать специализированный вычислитель – блок синтеза, для обработки поступающей от приёмников информации в реальном масштабе времени.

Цель настоящего доклада – показать возможность разработки блока обработки информации для радиометрической системы с синтезированием апертуры на микросхемах программируемой логики - программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС).

Прежде всего, необходимо оценить величину информационного потока, который должен обрабатывать блок синтеза. Предполагается, что от одного приёмника поступает поток комплексных чисел, так как комплексное число одновременно несёт информацию об амплитуде и о фазе волны – это амплитуда и фаза комплексного числа. Для передачи одного потока комплексных чисел используется два потока действительных чисел, представляющих действительную и мнимую компоненты комплексного числа. Действительные числа, могут представляться восьмью разрядными двоичными числами. Этого вполне достаточно для рассматриваемой системы, доказательство этого факта выходит за рамки настоящего доклада и здесь не приводится. Таким образом, на выходе элементарного приёмника есть два потока однобайтных чисел, формируемых двухканальным аналого-цифровым преобразователем. Темп дискретизации определяется полосой выходных квадратур сигнала и должен быть равен или превосходить частоту Найквиста.

Обычно для радиометров, работающих в L-диапазоне, центральная частота и ширина полосы выбирается с учётом выделенного для радиоастрономов частотного «окна», в котором запрещена работа любых радиопередатчиков. В рассматриваемом случае это окно лежит в пределах частот от 1400 до 1427 МГц.[5]. Для радиометрического приёмника «РАСА» ширина полосы приёмника выбрана равной 12 МГц. в пределах выделенной радиоастрономам полосы частот. С учётом изложенного, суммарный информационный поток на выходе приёмника составит - $12 \times 4 = 48$ МБайт/сек.

При одновременном использовании 12 приёмников общий информационный поток составит $12 \times 48 = 576$ МБайт/сек. Следует отметить, что такой информационный поток будет только в случае применения радиометра

компенсационного типа. Для радиометра с двухпорной модуляцией и непрерывной внутренней калибровкой при меандровой модуляции поток информации будет в двое меньше – 288 МБайт\сек., так как сигнал от антенны принимается только половину периода модуляции, а в другую половину принимаются сигналы от внутренних источников калибровки.

Ни один известный микропроцессор не сможет справиться с таким потоком информации в реальном масштабе времени. Поэтому, необходимо разработать специализированный вычислитель, состоящий из нескольких аналогичных вычислительных структур, по числу формируемых синтезированных лучей, способных одновременно принимать и обрабатывать информационные потоки сразу от всех приёмников!

Блок-схема возможной реализации такой вычислительной структуры представлена на рис. 1.

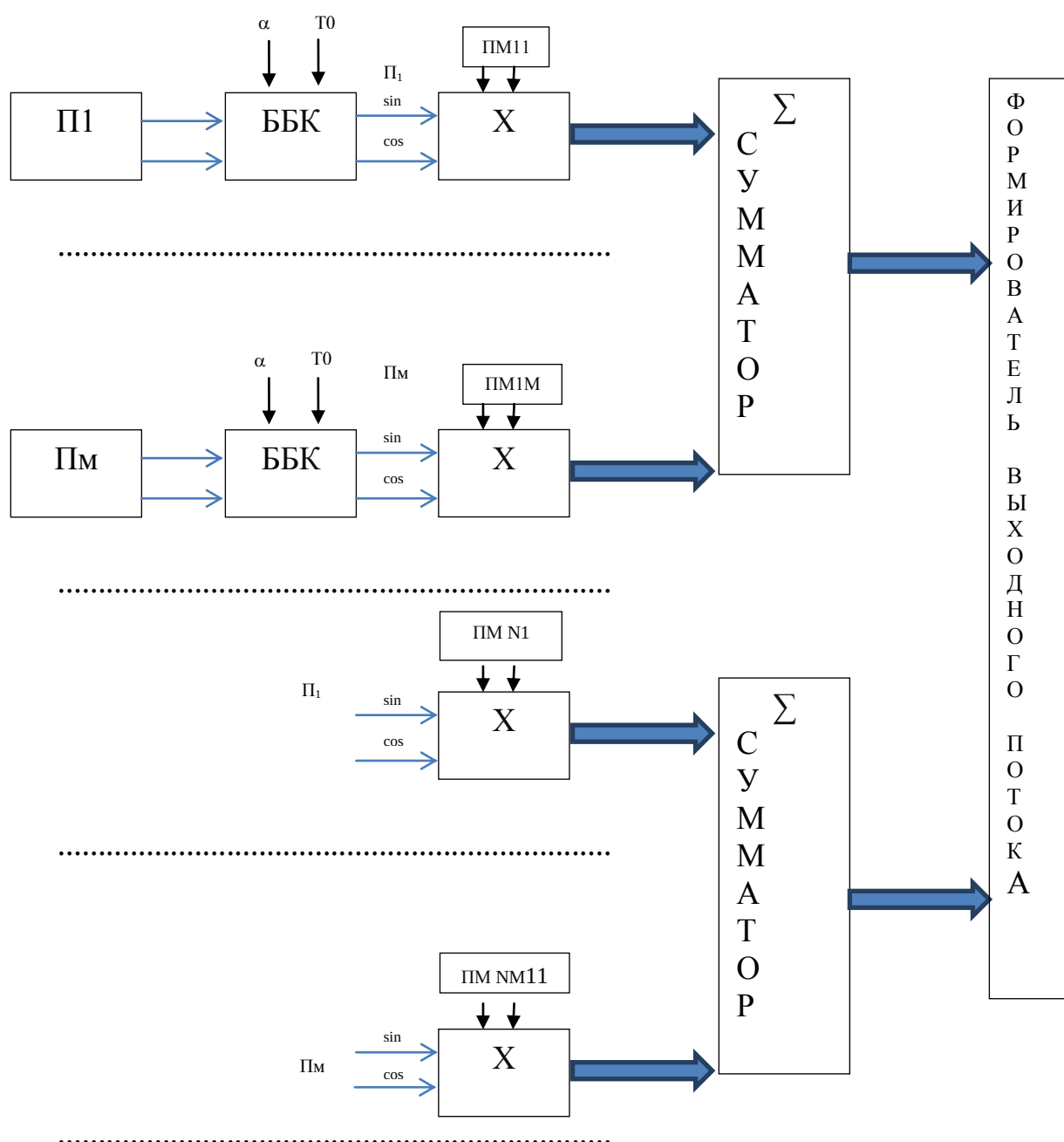


Рис.1

Блок обработки работает по следующему алгоритму. Блок состоит из N одинаковых вычислительных модулей, работающих одновременно, для формирования N независимых синтезированных лучей. На вход модуля формирования луча поступают потоки данных от всех приёмников, прошедшие через блок калибровки БК, где данные подвергаются линейному преобразованию, в результате которого все данные становятся сопоставимыми по единой радиометрической шкале, с заданной крутизной и начальной точкой. Алгоритм вычисления калибровочных коэффициентов не рассматривается.

Модуль формирования синтезированного луча представляет набор из M перемножителей, где M – число элементарных приёмников, и сумматор, для параллельного суммирования всех M чисел с выходов перемножителей, и последовательного суммирования квадратов полученных чисел, для получения радиометрического выигрыша и формирования сигнала синтезированного луча пропорционального мощности волны, пришедшей с соответствующего направления. На входы перемножителей подаются константы - поворачивающие множители, комплексные числа с единичной амплитудой и заданной фазой. Набор поворачивающих множителей для всех M потоков данных от приёмников определяет положение синтезированного луча в пространстве.

Существенно прореженный поток данных поступает на вход формирователя выходного потока данных, и с его выхода – на регистратор информации.

Описанная вычислительная структура может быть реализована на одной единственной ПЛИС фирмы ALTERA, и это главный вывод, который можно сделать из проведённого анализа.

Библиографический список

1. Под ред. Вербы В.С. «Траектория полёта». // М. Оружие и технологии, 2005.
2. Шутко А.М., Новичихин Е.П., Сидоров И.А., Плющев В.А. и др. «Оперативная диагностика, оценка масштабов и уменьшение последствий стрессовых природных процессов». София. Академическое издательство имени проф. Мариана Дринова, 2012.
3. A.M.Shutko, V.F.Krapivin, I.A.Sidorov «Practical microwave radiometric risk assessment» Sofia. Professor Marin Drinov Academic Publishing House, 2010, - 88p, ISBN 987-954-322-417-4
4. Томпсон Р., Морган Дж., Свенсон Дж. «Интерферометрия и синтез в радиоастрономии»: Пер. с англ. – М. Мир. 1989. – 568с. ISBN 5-03-001054-08.
5. Есепкина Н.А. и др. «Радиометры и радиотелескопы» // М.: Наука, 1973. – 416с.

СОПРОВОЖДЕНИЕ МАНЕВРИРУЮЩИХ ЦЕЛЕЙ ИНЕРЦИОННЫМИ СЛЕДЯЩИМИ СИСТЕМАМИ

Соколов Д.А., инженер, ОАО «Концерн «Вега», Москва, Россия

Одним из ключевых свойств, определяющих боевую эффективность современного авиационного комплекса военного назначения, является его динамичность. Которая, в свою очередь, определяется свойствами динамичности летательного аппарата, информационно-управляющей системы и оружия. Согласованность этих свойств определяет боевую эффективность комплекса.

Ярким проявлением свойств динамичности является сверхманёвренность — способность летательного аппарата скачкообразно менять свои фазовые координаты. Сверхманёвранный самолёт имеет преимущества не только в ближнем маневренном бою, но и в дальнем ракетном бою, это обуславливается его способностью опережать противника в применении и перенацеливании оружия, а также возможностью уклоняться от средств поражения. Однако, эти возможности могут быть реализованы лишь при достаточном согласовании с динамичностью информационно-управляющей системы, включающей РЛС как компонент, и являющейся, в настоящее время, реальным ограничителем возможностей авиационных комплексов перехвата.

Одним из способов, обеспечивающих компенсацию несоответствия динамичности РЛС и цели является применение оптимальных алгоритмов управления. Наиболее перспективными методами синтеза таких алгоритмов являются методы пространства состояний, в которых РЛС и цель рассматриваются как инерционная линейная система с известными внутренними связями. С их помощью становится возможным синтезировать требуемый алгоритм управления, оптимальный по квадратичному функционалу качества.

Необходимо отметить, что существующие системы радиолокационного сопровождения базируются на использовании следящих систем с астатизмом второго (редко — третьего) порядка, не обеспечивающих устойчивого сопровождения сверхманёвренных целей при появлении в законах изменения сопровождаемых координат (дальности, углов) производных третьего и более высоких порядков.

С помощью аппарата статистической теории оптимального управления, был синтезирован и аппроксимирован оптимальный алгоритм управления инерционной следящей системы, как части информационно-управляющей системы, обеспечивающего адаптивное управление динамичностью РЛС, при постановке задачи синтеза которого учтены динамические свойства не только цели, но и следящей системы.

Однако, синтезированные таким образом алгоритмы могут оказаться сложны в реализации или вообще неприменимы на практике. Кроме того, в некоторых случаях возможно применение некоторой аппроксимации алгоритма для снижения потребностей в вычислительных мощностях, которые не могут быть учтены на начальном этапе синтеза. С учётом вышесказанного, синтезированные данным методом алгоритмы нуждаются в обязательном анализе.

В общем случае, для поставленной задачи, аппарат статистической теории оптимального управления позволяет для системы РЛС-цель с заданными матрицами внутренних связей:

$$\dot{y} = F_y u - B_y u + \xi_{yu}, y(0) = \Delta x_0,$$

где $\xi_{yu} = (F_T - F_y)x_T$, $\Delta x = y$, x_T, x_y – n -мерные векторы состояния цели и следящей системы, F_T, F_y – динамические матрицы внутренних связей соответствующих векторов состояния, u – r -мерный ($r \leq n$) вектор управления следящих систем, B_y – матрица эффективности управления:

$$\begin{aligned} u &= -K^{-1}B_y^T[P_y\hat{y} + \hat{\rho}_y], \\ \dot{P}_y &= -L - F_y^T P_y - P_y F_y + P_y B_y K^{-1} B_y^T P_y, P_y(t_k) = Q; \\ \hat{\rho}_y &= [P_y B_y K^{-1} B_y^T - F_y^T] \hat{\rho}_y + P_y (F_T - F_y) \hat{x}_T, \rho_y(t_k) = 0. \end{aligned}$$

оптимальный по минимуму функционала качества.

В качестве примера рассмотрим задачу управления инерционным приводом угломера, предназначенного для отслеживания маневрирующей цели в горизонтальной плоскости. В качестве модели состояния системы сопровождения воспользуемся типовым уравнением привода антенны:

$$\begin{aligned} \dot{\phi}_a &= \omega_a, \phi_a(0) = \phi_{a0}; \\ \dot{\omega}_a &= \frac{1}{T} \omega_a + \frac{b}{T} u + \xi_a, \omega_a(0) = \omega_{a0}, \end{aligned}$$

а в качестве модели движения цели используем уравнения:

$$\begin{aligned} \dot{\phi}_c &= \omega - \dot{\psi}, \phi_c(0) = \phi_{c0}; \omega(0) = \omega_0; \\ \dot{\omega} &= -\frac{2\dot{D}}{D} \omega + \frac{1}{D} (j_c - j_n) + \xi_\omega, \dot{\psi} = 0, \psi(0) = \psi_0, \end{aligned}$$

где ϕ_a и ω_a – направление антенны относительно носителя и её угловая скорость, ϕ_c и ω – пеленг цели и её угловая скорость, ψ – курс носителя, T – постоянная времени угломера, b – коэффициент эффективности управления, D и $\dot{D}$ – дальность до цели и её производная, j_c и j_n – поперечные ускорения цели и носителя, ξ_a и ξ_ω – шумы состояния антенны и цели по угловой скорости. Взаимное геометрическое расположение углов показано на рис. 1.

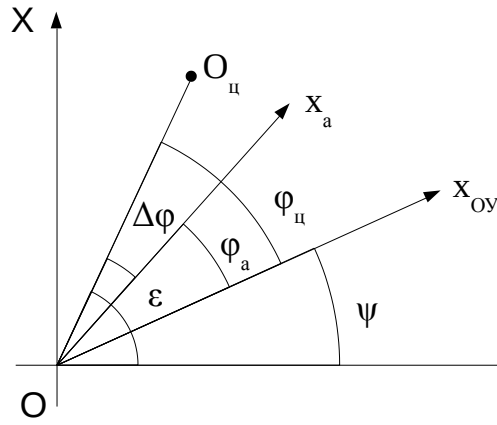


Рис. 1 Геометрия взаимного положения цели и носителя РЛС

В соответствии с изложенным методом, используя формулы, запишем требуемый алгоритм управления:

$$\begin{aligned}
 u &= \frac{b}{kT} (p_{12}\Delta\varphi + p_{22}\Delta\omega + \rho_2), \\
 \dot{p}_{11} &= -l_\varphi + p_{12}^2 \frac{b^2}{kT^2}, p_{11}(t_k) = q_1; \\
 \dot{p}_{12} &= -p_{11} + p_{12}p_{22} \frac{b^2}{kT^2} + \frac{p_{12}}{T}, p_{12}(t_k) = 0; \\
 \dot{p}_{22} &= -l_\omega - 2p_{12} + p_{22}^2 \frac{b^2}{kT^2} + \frac{2p_{22}}{T}, p_{22}(t_k) = q_2; \\
 \dot{\rho}_1 &= p_{12} \frac{b^2}{kT^2} \rho_2 - p_{12} \left(\frac{1}{T} \omega + \dot{\omega} \right), \rho_1(t_k) = 0; \\
 \dot{\rho}_2 &= -\rho_1 + \frac{\rho_2}{T} + p_{22} \frac{b^2}{kT^2} \rho_2 - p_{22} \left(\frac{1}{T} \omega + \dot{\omega} \right), \rho_2(t_k) = 0;
 \end{aligned}$$

Можно заметить, что сигнал задаётся системой уравнений Рикатти в обратном времени, не решаемой в общем случае в аналитическом виде. Кроме того, она не может быть решена численно в режиме реального времени, т.к. она задана в обратном времени. Однако, может быть найдено стационарное решение (при условии $\dot{p}_{11} = 0, \dot{p}_{12} = 0, \dot{p}_{22} = 0$), которое имеет место быть при t много меньше t_k . Поскольку момент окончания управления неизвестен, то будет достаточно выбрать конечное время заведомо больше максимально возможного времени работы РЛС, в таком случае можно считать, что требуемое условие будет выполняться на всём участке работы РЛС. Исходя из этого предположения можно получить алгоритм:

$$u = \frac{bp_{12}}{kT} \Delta\varphi + \frac{bp_{22}}{kT} \Delta\omega + \frac{1}{b} \omega_{лв} + \left[\frac{T}{b} + \frac{kT}{p_{12}b^3} \right] \dot{\omega}_{лв} + \frac{kT^2}{b^3 p_{12}} \ddot{\omega}_{лв}.$$

Способность радиолокационного угломера, управляемого этим алгоритмом, отслеживать цели проиллюстрирована графиками на рисунке 2. На нём отображены изменения ошибок наведения по углу при пяти возможных вариантах формирования сигнала управления:

- 1) $\Delta\varphi + K_\omega \Delta\omega + K_1 \omega_{лв} + K_2 \dot{\omega}_{лв} + K_3 \ddot{\omega}_{лв}$ (горизонтальная пунктирная линия)
- 2) $u = K_\varphi \Delta\varphi + K_\omega \Delta\omega + K_1 \omega_{лв} + K_2 \dot{\omega}_{лв}$ (сплошная линия)
- 3) $u = K_\varphi \Delta\varphi + K_\omega \Delta\omega + K_1 \omega_{лв}$ (штриховая линия)

4) $u = K_{\varphi}\Delta\varphi + K_{\omega}\Delta\omega$ (штрихпунктирная линия)

5) $u = K_{\varphi}\Delta\varphi$ (пунктирная линия)

Для оценки эффективности этого алгоритма проводилось имитационное моделирование его работы при различных значениях параметров угломера, констант сигнала управления и траекторий движения цели.

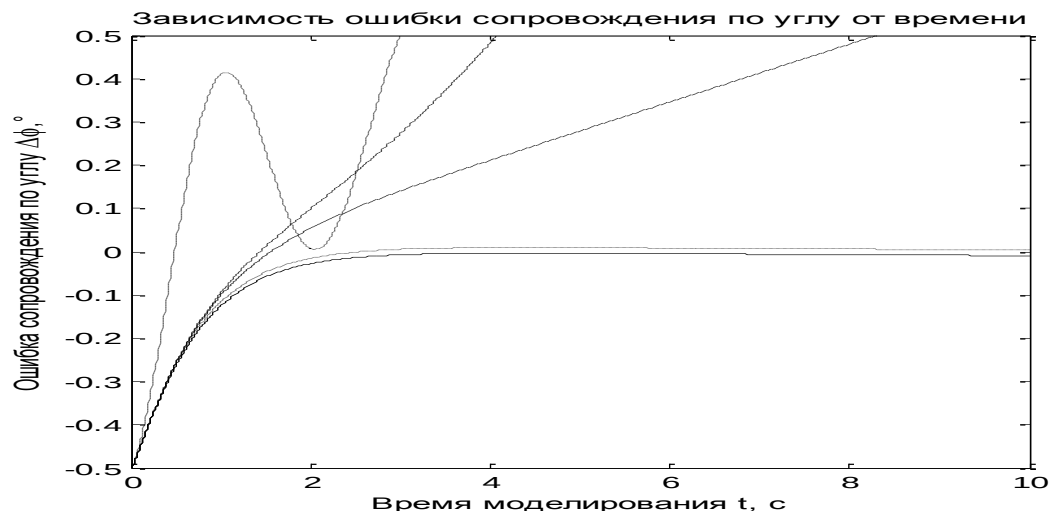


Рис. 2 Зависимость ошибки сопровождения от угла от времени

Проведённое исследование показывает, что полученный алгоритм позволяет эффективно следить за целями, движущимися с астатизмом третьего порядка без накопления ошибки наведения, обеспечивая низкое время реакции и высокую точность наведения. Также он позволяет использовать угломеры даже с высоким значением постоянной времени, компенсируя её достаточным значением коэффициента эффективности управления. Кроме того, при движении цели с астатизмом более высоких порядков нарастание ошибки наведения происходит достаточно низкими темпами.

Библиографический список

1. Меркулов В.И. Динамичность авиационных комплексов и бортовые радиоэлектронные системы. - Радиотехника. - 2010. – №1. - С. 88-96
2. Меркулов В.И. [и др]. Авиационные системы радиоуправления. Т.2. Радиоэлектронные системы самонаведения. /Под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003. – 390 с.
3. Меркулов В.И. [и др]. Авиационные системы радиоуправления. Т.1. Принципы построения систем радиоуправления. Основы синтеза и анализа. /Под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003. – 190 с.
4. Меркулов В.И., Канащенков А.И., Чернов В.С. и [др]. Авиационные системы радиоуправления. Т.3. Системы командного радиоуправления. Автономные и комбинированные системы наведения. / Под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. — М.: Радиотехника, 2003. — 320с.

5. Канащенко А.И., Меркулов В.И., Самарин О.Ф. Облик перспективных бортовых радиолокационных систем. Возможности и ограничения. — М.: ИПРЖР, 2002— 176с.

УДК: 620.179

СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

***Страхов П.В., аспирант, Трушин А.Ю., аспирант, Давлетчин Д.И.,
к.т.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия***

На сегодняшний день в производстве радиоэлектронной аппаратуры основную роль играет качество выпускаемой продукции. При использовании современной элементной базы, и особенно микропроцессоров, проблемы настройки и регулировки в традиционном понимании практически отсутствуют. Контроль, диагностику и настройку РЭА проводят программными и аппаратными методами. Предприятия разрабатывают специальные инструкции для пользователей и диагностические программы, которые прилагаются к изделиям в виде технического описания, инструкции пользователя, встроенного программного обеспечения или специальных программ на носителях информации [1].

Качественный ремонт и восстановление работоспособности РЭА, должен вестись с применением принципиальных схем и использованием специальных технических устройств и приспособлений. Эту работу должен проводить специально подготовленный персонал инженеров – системотехников.

Работа по восстановлению печатных плат необходимо вести с применением современных специализированных систем автоматизированного контроля и диагностики РЭА. Такие системы должны обслуживать ячейки как серийного, так и несерийного производства в аналогово-цифровом и цифро-аналоговом исполнении. Такими автоматизированными средствами контроля и диагностики следует оснащать все специализированные сервис-центры по обслуживанию и ремонту РЭА.

Для обеспечения качественной диагностики печатных плат и выявления отказов и неисправностей РЭА в автоматизированные средства контроля и диагностики требуются внедрить специализированные методы неразрушающего контроля электронных устройств.

Следовательно, существует актуальная научно-техническая задача создания автоматизированной системы контроля и диагностики неисправностей радиоэлектронных модулей.

Чтобы сформулировать требования к автоматизированной системе контроля и диагностики, сформировать необходимый программный и аппаратный состав диагностической системы был проанализирован опыт ремонта и обслуживания устройств в производстве, а также рассмотрены основные методы контроля и диагностики радиоэлектронных модулей.

Таким образом, была разработана автоматизированная система контроля и диагностики «АС5-4».

Автоматизированная система контроля и диагностики «АС5-4» является универсальной диагностической системой широкого применения. Технические решения, закладываемые в «АС5-4», позволяют применять ее на любых научных, производственных, ремонтных предприятиях специализирующихся в области радиоэлектроники [2].

В качестве основных методов контроля работоспособности и правильности функционирования цифровых модулей в «АС5-4» традиционно применяются наиболее распространенные и достаточно хорошо себя зарекомендовавшие методы:

- тестовый функциональный контроль модуля по краевым соединителям;
- параметрический контроль статических электрических параметров модуля на краевых соединителях.

Под тестовым контролем понимается формирование на контактах краевого соединителя модуля заранее определенной последовательности стимулирующих воздействий, с последующей регистрацией отклика объекта и сравнения его с эталоном.

Под функциональным контролем понимается то, что в каждый определенный момент времени (на каждом участке тестовой программы) проводится оценка способности объекта правильно выполнять определенную функцию. То есть не только весь тест в целом, но и достаточно малые его фрагменты несут вполне определенную «смысловую» нагрузку, понятную не только инженеру-разработчику, но и конечному пользователю (оператору) тестера, при наличии у последнего достаточной квалификации.

Параметрический контроль статических параметров подразумевает регистрацию и сравнение с эталонными значениями медленно меняющихся (практически неизменных) параметров электрических сигналов постоянного тока на контактах краевых соединителей объекта контроля. В этом случае измерение и регистрация электрических величин проводится в заранее определенном и статическом (длительное время неизменном) состоянии объекта контроля. Статическими параметрами могут выступать токи потребления по цепям питания, уровни формируемых выходных напряжений при работе на определенную нагрузку и входные токи при действии входных напряжений заданного уровня.

В качестве основных методов диагностики (поиска и локализации дефектов) в цифровых модулях предлагается использовать широко известные и часто применяемые методы:

- одноканальный внутрисхемный сигнатурный анализ;
- одноканальный внутрисхемный логический анализ;
- внутрисхемный поэлементный цифровых элементов контроль;
- внутрисхемный параметрический контроль статических электрических параметров отдельных элементов модуля.

Следует отметить, что все эти методы являются взаимно дополняющими друг друга, и применение одного из них далеко не всегда исключает необходимость в применении других методов. Как правило, комплексное применение этих методов позволяет локализовать возникший дефект формализованными способами, которые не требуют от оператора высокой квалификации [3].

Первоначально внедрение системы планируется осуществить на заводах – изготовителях радиоэлектронных средств зенитно-ракетной системы С-300ПМ, данные предприятия имеют опыт работы диагностическими системами предыдущего поколения «АС5-2».

В базовом исполнении «АС5-4» обеспечит контроль и диагностику не менее 80% номенклатуры типовых элементов замены входящих в систему С-300ПМ, это подтверждено серийной эксплуатацией «АС5-2».

Важной особенностью «АС5-4» является ее открытая архитектура, в которой наращивание задач функционально параметрического контроля осуществляется методом введения новых драйверов к контрольно-измерительным приборам, современный парк которых удовлетворяет любые потребности.

Высокий уровень технических характеристик с адаптацией их к пользователю через проблемно-ориентированную интерактивную программную оболочку, позволяет прогнозировать широкое внедрение «АС5-4» на предприятиях радиоэлектронной отрасли.

Библиографический список

1. Калганов С. Информатизация ВПК. – М.: Алмаз-Медиа, 2006. – 75 с.
2. Страхов П.В., Байков В.И., Рогожин О.В., Давлетчин Д.И. Автоматизированная система контроля и диагностики радиоэлектронной аппаратуры. // Мир измерений №5. М.: Мир измерений, 2012. С.4-9.
3. Скубилин М.Д., Поляков В.В., Электронная техника: производство и применение. – М.: ТТИ ЮФУ, 2010. – 320 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СТОХАСТИКО ДЕТЕРМИТИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

**Стрелков А.И., д.т.н., профессор, Лытюга А.П., к.т.н., с.н.с.,
Стрелкова Т.А., к.т.н., доцент*

**Харьковский университет Воздушных Сил, Харьковский
национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина*

Целью работы является проведение анализа теоретических аспектов методов построения оптико-электронных систем, определение противоречий, возникающих в настоящий момент при совершенствовании систем и определение путей перспективного развития теоретических моделей, лежащих в основе приема и обработки оптических сигналов в оптико-электронных системах.

Оптико-электронные системы нашли широкое применение при решении задач наблюдения в различных условиях освещенности. В настоящее время существуют уникальные оптико-электронные системы обеспечивающие наблюдение объектов в широком диапазоне освещенностей.

Однако на настоящий момент имеет место противоречие между перспективами развития телевизионной техники (современными возможностями существующих средств) и априорной информацией о возможности наблюдения объектов естествознания. Потенциальными возможностями систем является необходимость расширения динамического диапазона телевизионных систем, как в сторону регистрации сильных сигналов, так и в сторону регистрации слабых и сверхслабых сигналов, а также обеспечения приема сигналов на фоне сильных помех.

Проблема регистрации таких объектов, сводится к обнаружения и вычисления параметров малоразмерных и малоконтрастных объектов и имеет большое значение. Обнаружение телевизионными системами и определение параметров наблюдаемых объектов (при величине отношения сигнал/шум менее 5) в настоящее время не проводятся, однако является целесообразными и необходимыми в различных отраслях.

Существуют возможные пути расширения возможностей оптико-электронных систем:

1. Снижение порогов чувствительности в устройствах первичной обработки информации путем усовершенствования отдельных узлов системы.
2. Согласование динамического диапазона систем при регистрации оптических сигналов путем применения спектральных и нейтральных фильтров.

3. Совершенствование алгоритмов обработки информации, с учетом статистических характеристик принимаемых сигналов в системах обработки информации.

В основе каждого из направлений лежит строгое физико-математическое описание модели приема и обработки оптических сигналов.

Качество конкретной математических модели и границы ее применимости зависят от того, насколько полно в ней учтены факторы, характеризующие условия наблюдения и их влияние на параметры описываемых сигналов. При анализе границ применимости различных математических моделей целесообразно использовать различные критерии оценки эффективности оптико-электронных систем. К таким критериям относят: величину отношения сигнал/шум, условные вероятности правильного и ложного обнаружения объектов и др.

Для описания оптических сигналов в различных условиях наблюдения необходимо использовать различные модели. Выбор основных физических принципов и подходов, являющихся основой для составления математических моделей сигналов в различных условиях, должен осуществляться с учетом характеристик описываемых сигналов (например, диапазон интенсивностей) и фоновой, шумовой и помеховой обстановки. Так при описании сигналов больших интенсивностей можно использовать положения волновой теории света. При описании слабых сигналов (например, сигналов от слабых космических объектов, сигналов в условиях низкой освещенности) необходимо учитывать корпускулярную структуру оптического излучения.

Анализ существующих путей развития оптико-электронных систем показал, что в системах используются аналоговые и цифровые методы обработки сигналов, которые включают в себя пространственно-координатные и пространственно-спектральные методы. На каждом из этих этапов преобразований: спектральные перераспределения энергии, линейные и нелинейные методы фильтрации и дифференцирования, которые направлены на улучшение параметров оптико-электронных систем, принимаемый стохастический сигнал может изменять свои статистические характеристики. В свою очередь это приводит к изменениям точности определения параметров сигналов и не позволяет обеспечить потенциальную точность при выдаче результатов с наилучшими вероятностными характеристиками о наблюдаемых объектах и их параметрах.

Рассмотрение этих фактов приводит к осознанию внутреннего противоречия существующих методов приема и обработки телевизионной информации и показателями качества характеристик наблюдаемых объектов.

Однако опыт научно-прикладных исследований, проводимых авторами на протяжении нескольких десятков лет, показывает, что основные технические характеристики многих существующих оптико-электронных систем могут быть существенно улучшены путем применения современных физико-математических методов приема и обработки оптических

сигналов, составленных на основе стохастико-детерминированной обработки сигналов.

Работы по исследованию возможностей модернизации различных оптико-электронных систем показали, что их характеристики могут быть существенно улучшены за счет оптимизации алгоритмов обработки сигналов на основе более полного математического описания сигналов и применения современных цифровых технологий при реализации этих алгоритмов. Например, чувствительность и качество изображения, полученного с помощью наблюдательного прибора, в котором использован электронно-оптический преобразователь, могут быть повышены в 8-10 раз, разрешающая способность – в 3-5 раз, дальность видения увеличена в 4-6 раз.

Теоретической основой модернизации оптико-электронных систем, на наш взгляд, могут служить оригинальные математические модели оптических сигналов, составленные на основе совместного использования положений геометрической оптики, волновой и корпускулярной теории света, а также современных достижений статистической теории приема и обработки информации, нелинейных методов фильтрации сигналов, статистической теории случайных потоков, современных достижений в области вычислительной техники.

Рассмотрев основные подходы к описанию сигналов, можно сделать вывод, что математическое описание сигналов в оптико-электронных системах может строиться с использованием различных представлений о структуре оптического излучения и механизмах его взаимодействия с элементами оптического тракта. Так для оценки пространственного положения сигналов в плоскости фотоприемника могут использоваться положения геометрической оптики. Пространственное распределение сигнальной компоненты от космического объекта описывается с помощью волновых представлений о структуре и свойствах оптического излучения и аппарата теории дифракции электромагнитных волн. Для описания статистических характеристик оптических сигналов необходимо использовать элементы корпускулярной (фотонной) теории света и представлением оптического излучения, как случайного потока фотонов. Для описания взаимодействия света с веществом-поглотителем, процесса образования фотоносителей, необходимо использовать элементы квантовомеханических представлений.

Основой для составления стохастико-детерминированного описания является представление оптического излучения в виде случайного потока, который описывает кванты света, совершающие броуновское движение в условиях турбулентной атмосферы. При распространении электромагнитных волн в среде со случайными крупномасштабными неоднородностями из-за эффекта неоднократного рассеяния, флуктуации оптического поля возрастают, и их характеристики могут описываться статистической теорией основанной на законах аномальной диффузии.

Рассмотрение описания процесса распространения в случайно-неоднородных средах можно проводить, изучая статистические свойства стохастических уравнений описывающих процесс распространения оптиче-

ского излучения на основе устойчивых распределений Леви. Негауссовы изотропные распределения обладают несимметричными свойствами, дисперсия потока, а, следовательно, и все высшие моменты устойчивых распределений бесконечны – это связано с поведением хвостов плотностей вероятностей на большие расстояния. Траектории подчиненного Леви-движения характеризуются скачками не только вдоль координатных осей, но и вдоль оси времени. Распределение временных характеристик наступления событий в потоке имеет не экспоненциальный, а обратно-степенной вид, что дает основание говорить о немарковском процессе или процессе с памятью.

Взаимодействие с оптическим звеном оптико-электронной системы можно представить как взаимодействие двух независимых стохастических потоков. При этом *известные* методы согласования динамического диапазона входного оптического излучения и фоточувствительных элементов оптико-электронной системы требуют отдельного изучения изменения статистики входного излучения.

Применение теории негауссовых изотропных распределений для описания приема и обработки оптических сигналов позволяет в значительной степени уменьшить ошибки обнаружения сигналов.

Учет последовательно изменяющейся статистики на всех этапах преобразования излучения позволяет создать основу для синтеза оптимальных алгоритмов обнаружения оптических сигналов в оптико-электронных системах.

На наш взгляд, предлагаемые подходы могут быть использованы при создании новых оптико-электронных приборов, а также для модернизации ряда существующих оптико-электронных систем, применяемых в различных областях, что позволит существенно улучшить их технические характеристики и повысить конкурентоспособность.

Библиографический список

1. Стрелков А.И., Лытюга А.П., Стрелкова Т.А. Энергетическое обнаружение оптических сигналов в телевизионных системах / Системы обработки информации. – 2010. – № 1 (81) – С. 38-41.
2. Стрелкова Т.А., Созонов Ю.И., Яновский Ю.А. Исследование статистики пространственно-временных сигналов в оптико-электронных системах / Радиотехника: Всеукр. Межвед. наук.-техн. сб. – 2012. – Вып. 168. – С. 97-102.
3. Стрелков А.И., Лытюга А.П., Стрелкова Т.А. Алгоритмы обнаружения сигналов в оптико-электронных системах контроля космического пространства / Радиотехника: Всеукр. Межвед. наук.-техн. сб. - 2003. – Вып. 132. – С. 7-13.
4. Оптическая локация. Теоретические основы приема и обработки оптических сигналов. Под ред. А.И. Стрелкова. – Х.: Апостроф, 2010. – 312 с.

ГРУППИРОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАДРАТИЧНОГО ПОРОГОВОГО КРИТЕРИЯ ИХ БЛИЗОСТИ

Федисов А.Н., ОАО «Концерн «Вега», Москва, Россия

Средства воздушного нападения преимущественно используются в составе групп различной численности и назначения. Группирование информации о воздушной обстановке позволяет сопровождать группы воздушных объектов (ВО) как одиночные объекты а также увеличить наглядность и информативность ее отображения. Первое в условиях увеличения количества применяемых средств воздушного нападения позволяет снизить вычислительную нагрузку на радиолокационные системы (РЛС) и предотвратить превышение их пропускной способности.

Главным недостатком существующих способов группирования является отсутствие явного отображения неопределенности группирования, которая неизбежно возникает из-за наличия ошибок в измерениях. Также к недостаткам можно отнести использование пороговых критериев близости ВО и быстрый рост времени выполнения алгоритмов при увеличении количества ВО.

В предлагаемом способе выявления и сопровождения групп ВО используются два квадратичных функционала для определения достоверных групп и возможных связей между ними, учитывающих ошибки измерений [2]. Это позволяет явно отображать неопределенность состава групп, а также учитывать все параметры состояния ВО одновременно для определения их принадлежности к одной группе.

Предлагаемый алгоритм является модификацией алгоритма обхода графа в глубину, учитывающей два типа ребер: достоверный и возможный. Он позволяет сопровождать группы ВО как одиночные объекты по их геометрическим центрам. Информация, получаемая в результате работы алгоритма может быть использована для оценки скоростей и курсов групповых объектов.

Библиографический список

1. Вербя В.С., Меркулов В.И., Дрогалин В.В. [и др]. Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах. Часть 3. /Под ред. В.С.Вербя и В.И. Меркулова – М.: Радиотехника, 2010. – 466 с.
2. Меркулов В.И. [и др]. Авиационные системы радиоуправления. Т.1. Принципы построения систем радиоуправления. /Под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2003. – 192 с.

СЕКЦИЯ №7: ГЛОБАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

УДК: 629.039.58

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ЭТАПЕ ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ

Графкина М.В., д.т.н., профессор, Московский государственный университет машиностроения (МАМИ), Москва, Россия

Свиридова Е.Ю., к.т.н., доцент, Московский государственный университет машиностроения (МАМИ), Москва, Россия

Теряева Е.П., аспирант, Московский государственный университет машиностроения (МАМИ), Москва, Россия

Как показывают последние исследования, уже на сегодняшний день доля электромагнитного излучения в густонаселенных пунктах и промышленных районах из всех физических факторов, воздействующих на людей в условиях закрытых помещений и на открытых территориях, составляет 35%, а доля автотранспорта в генерировании электромагнитного фона урбанизированных территорий колеблется от 18 до 32%.

Учитывая большое количество и частотное разнообразие источников электромагнитного загрязнения заселенных территорий, постоянно растущее число эксплуатируемых автомобилей, увеличение количества и мощности электрооборудования автомобилей, а также переход на электромобили и гибридные автомобили можно ожидать увеличение уровня внешних и внутренних электромагнитных полей автомобиля в целом, а также увеличение электромагнитного фона урбанизированных территорий и доли автотранспорта в его формировании.

Для исследования внутреннего электромагнитного поля гибридного автомобиля предлагается следующая методика.

При разработке методики учитывались результаты по негативному воздействию электромагнитных полей на человека, приведенные в различных литературных источниках. На основании анализа этих данных были выбраны следующие уровни расположения точек измерений от пола автомобиля: уровень 1 (мочеполовая система) – 0,3 м; уровень 2 (сердечнососудистая система) – 0,7 м; уровень 3 (головной мозг) – 1 м.

Исследования внутреннего электромагнитного поля гибридного автомобиля проводились в пяти точка салона (на рабочем месте водителя и пассажирских местах) на всех трех уровнях (рис. 1). Исследования проведены на стенде для испытания опытного образца автомобиля, оснащенного параллельной схемой взаимодействия двигателя внутреннего сгорания и

асинхронного электродвигателя переменного тока мощностью 35 кВт при движении автомобиля в «режиме электродвигатель».

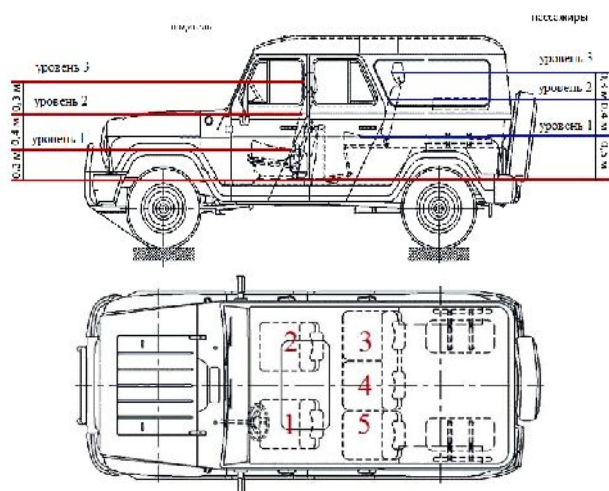


Рис. 1 Расположение точек и уровней измерения в салоне автомобиля: красный: уровни измерений для водителя и пассажира на переднем сидении, синий: для пассажиров на заднем сидении

В результате исследований электромагнитного поля и сравнения полученных данных с существующей в Российской Федерации регламентацией электромагнитных полей [3,4], получены следующие соотношения:

1) В диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц предельное значение напряженности электрического поля равно 25 В/м. Максимальное значение полученное при проведении измерений составляет 202 В/м, что превышает допустимые нормы в 8 раз. Предельное значение магнитной индукции в данном диапазоне составляет 250 нТл, нами было зафиксировано превышение данного значения в 5 раз – 1290 нТл (рис. 2.).

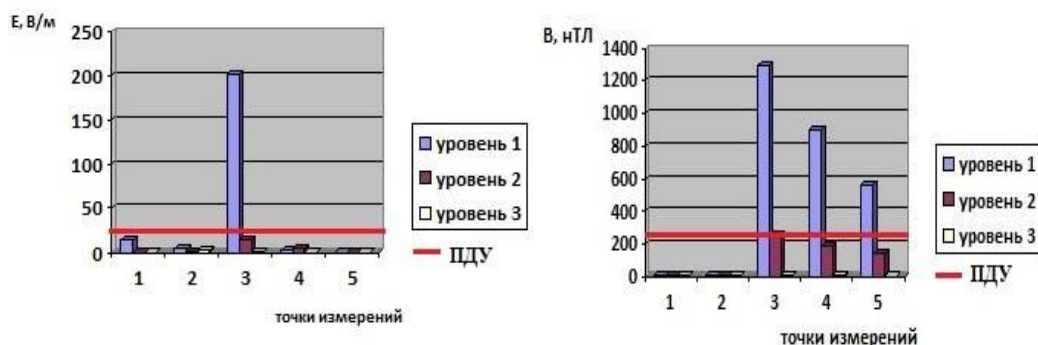


Рис. 2 Результаты исследований на стенде для испытания опытного образца автомобиля в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц (слева приведены значения электрической напряженности электромагнитного поля – E, В/м, справа на гистограммах значения магнитной индукции электромагнитного поля B, нТл)

2) В диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц предельное значение магнитной индукции составляет 25 нТл, в результате исследования были получены значения равные 48 нТл, что превышает допустимую норму в 1,9 раза. (рис.

3). Значение напряженности электрического поля в этом диапазоне частот составило 0,001 В/м и не изменялось в различных точках измерения, поэтому на гистограммах результаты исследований не представлены.

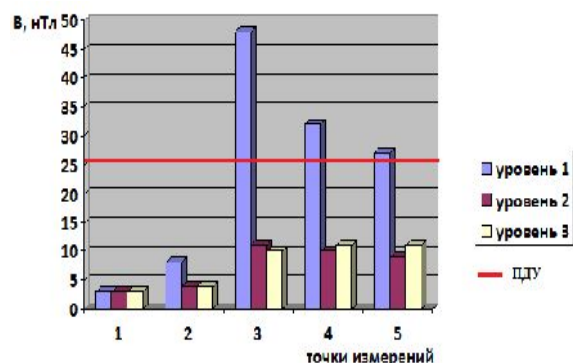


Рис. 3 Результаты исследований на стенде для испытания опытного образца автомобиля (диапазон частот 2 кГц - 400 кГц)

3) При частоте 50 Гц значения напряженности электрического поля E (В/м) и напряженности магнитного поля H (А/м) на рабочем месте водителя и пассажирских местах не превышают установленных пределов. Значения напряженностей электрического и магнитного поля представлены на рис. 4

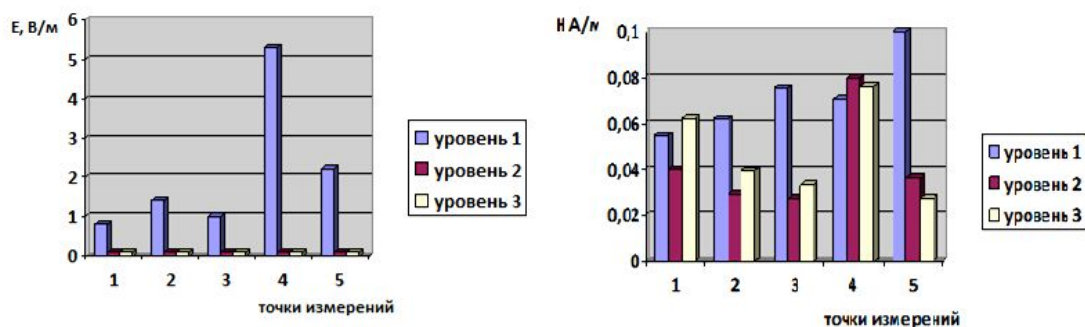


Рис. 4 Результаты исследований на стенде для испытания опытного образца автомобиля на частоте 50 Гц (справа приведены значения электрической напряженности электромагнитного поля – E , В/м, слева на гистограммах значения напряженности магнитного поля – H , А/м)

На наш взгляд, результаты испытаний и сравнительная оценка полученных результатов с существующей регламентацией электромагнитных полей показали необходимость создания нормативной базы устанавливающей допустимые значения параметров электромагнитных полей при их воздействии на водителя (с учетом особенностей его труда) и пассажиров. Особое внимание необходимо уделить влиянию электромагнитных полей, возникающих в гибридных автомобилях, при их воздействии на водителя, чей труд отличается комплексным воздействием негативных факторов (шум, вибрация, качество воздуха в салоне, повышенная напряженность и монотонность труда).

Предполагаем, что в зависимости от нагрузки, типа взаимодействия двигателей, особенностей конструкции салона гибридного автомобиля, характеристики электромагнитных полей будут различными. Поэтому, необходимы дальнейшие исследования по определению пространственного распределения амплитудных и энергетических параметров внутреннего электромагнитного поля автомобиля.

Библиографический список

1. Володина Н.А., Старостин А.К. Проблемы электромагнитной совместимости электронной аппаратуры и электрооборудования автотранспортных средств. – М.: НИИАЭ, 1997 – 260 с.
2. Федорович Г. В. Экологический мониторинг электромагнитных полей / Г. В Федорович. – М.: 2004. – 137 с.
3. СанПин 2.2.4.1191-03 «Физические факторы производственной среды. Электромагнитные поля в производственных условиях». – М.: 2003.
4. СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: 2003.

УДК: 54.07

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Давлетчин Д.И., к.т.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Охраны труда и экологический мониторинг рассматривается в настоящее время, как одна из приоритетных задач. Научные и практические разработки требуют привлечения огромного числа различных данных, информационных ресурсов. Практическое использование результатов этих исследований для решения экологических проблем сдерживается недостаточным развитием теории и практики построения экологических информационных систем, представляющих собой один из новых видов автоматизированных информационных систем и предназначенных для сбора и анализа разнородной информации о состоянии экологической зоны, рабочей зоны. Мониторинг представляет собой постоянное наблюдение за действиями и событиями в определенных местах в рамках конкретного временного интервала. Мониторинг можно определить как процесс постоянно повторяющихся замеров одного или более элементов или характеристик окружающей среды. Замеры производятся с точно определенными це-

лями и в точно определенные моменты времени с использованием сравнимых и воспроизводимых методов анализа, которые характеризуют элементы окружающей среды или индикаторы. И для решения таких многоцелевых экологических задач и нужны экологические информационные системы, которые могут быть как глобального, так и регионального масштаба. Развивающиеся технологии предъявляют с каждым днем все большие требования к качеству производственных процессов. Средства радиотехнических и инфокоммуникационных систем являются мощным инструментом для передачи информационных потоков. Контроль самых разнообразных явлений, процессов и объектов, определение условий их функционирования, испытания новых образцов техники и вооружения стали возможны на основе использования средств современной радиотехники. С другой стороны, использование новых приборов, вольтамперометрических анализаторов позволило внедрить автоматизированные методы и средств контроля качества продукции, исследованием воздуха рабочей зоны, природных, питьевых и сточных вод. Необходимость решения поставленных задач приводит к передаче сигнала от вольтамперометрических датчиков на расстояние для последующей обработки и сбора статистических данных [1].

Разработан комплекс, на базе вольтамперометрического анализатора ПЛС-2ам, который является одним из основных элементов для анализа и автоматического контроля рабочей зоны, технологического процесса, как универсальный анализатор предназначенный для качественного и количественного анализа веществ, а также для других электрохимических исследований. Основная задача мониторинга экологической зоны - это максимальное обеспечение систем управления экологической безопасности и природоохранной деятельности достоверной информацией, на основании которой могут быть произведены: оценка показателей состояния и функциональной целостности окружающей природной среды; выявление причин отклонения показателей состояния окружающей природной среды и оценка последствий таких изменения показателей; определение и принятие решений для ликвидации причин отклонения показателей и обеспечение заблаговременного предупреждения негативных ситуаций.

Одним из крупнейших источников отрицательных воздействий на природную среду являются предприятия электронной промышленности, производящих производство оснастки, компонентов, гальванику. Это предприятия со сложными химико-технологическими процессами. Столь масштабные технические объекты представляют собой серьезную опасность для окружающей среды. В службах экологического контроля в основном используются высокочувствительные методы контроля, обладающие высокой прецизионностью и селективностью. Для этих методов в настоящее время характерна автоматизация средств измерения, что позволяет в автоматизированном режиме вести регистрацию и обработку сигнала, а при наличии системы и передачу этой информации.

Поэтому при построении распределенных сетей и управления радиосвязь зачастую оказывается единственно приемлемым решением. Хотя и здесь масса сложностей. Выбор аппаратуры, частотного диапазона и мощности, обеспечивающих надежную связь в условиях загрязненного промышленными помехами радиоэфира с одной стороны и не создание помех собственными сигналами другим радиостанциям часто подталкивают к использованию дорогостоящих импортных систем цифровой беспроводной связи, которая к тому же с трудом лицензируется на территории России.

Сегодня существует множество альтернативных систем для беспроводной передачи данных. Это радиомодемы с собственным протоколом в различных диапазонах, системы передачи данных на основе стандартов GSM, ZigBee, Wi-Fi или Wi-Max. Рассмотрим несколько вариантов [2].

Система на основе ZigBee стандарта, отличается относительно невысоким энергопотреблением, обусловленном использованием маломощных радиопередатчиков. Так же технология поддерживает не только простые топологии беспроводной связи, но и сложные беспроводные сети с ячеистой топологией с ретрансляцией и маршрутизацией сообщений. Но существенным недостатком такой системы будет малая дальность передачи данных – порядка 700м. Эта система вполне подойдет для системы промышленного мониторинга и управления внутри предприятия, но будет не эффективна при удаленном мониторинге. Для экологического мониторинга нам необходима система, предоставляющая универсальную беспроводную связь на больших расстояниях для широкого спектра устройств. Такие требования удовлетворяют системы на основе стандартов Wireless MAN или GSM. Wireless MAN (WiMAX) позволяет осуществлять высокую скорость передачи данных при максимальной дальности действия сигнала до 48км. В городских же условиях радиосигнал WiMAX распространяется в среднем на 6-8 километров. GSM отличает меньшая скорость передачи данных при дальности большой дальности связи.

При покупке выделенной системы оператор становится полным владельцем всего программно-аппаратного комплекса. Как правило, при этом он устанавливает у себя в диспетчерском центре несколько компьютеров (возможно, сервер). С этого момента он платит только за канал связи, как за использование обычного телефона.

В случае работы с интернет-системами оператор, как правило, подписывается на услугу доступа к данным. Провайдер этой услуги назначает ежемесячную абонентскую плату за доступ к его серверу и плату за некоторые действия пользователя (запрос местоположения аппарата).

Интернет-системы позволяют пользователю получить доступ к данным с любого компьютера, имеющего выход в Интернет. Выделенные системы несколько более ограничены в этом плане, так как на компьютер требуется установить специальное программное обеспечение.

Все данные, поступающие в выделенную систему, хранятся в диспетчерском центре. Интернет-системы хранят данные всех клиентов на собст-

венной системе серверов. К несомненным достоинствам интернет-систем относится то, что всю заботу по сохранности базы данных берет на себя провайдер.

Идея использования в качестве каналов передачи данных уже существующей инфраструктуры провайдеров связи (в том числе и стандарта GSM), включая техническую поддержку и сервисное сопровождение, является очень перспективной и дает широкие возможности для развития и увеличения эффективности телеметрического комплекса.

В качестве среды передачи данных от измерительных приборов и датчиков может быть выбрана сотовая связь стандарта GSM900/1800, как наиболее распространенная и доступная инфраструктура на территории Российской Федерации. Как правило, современные измерительные комплексы оснащаются цифровыми интерфейсами передачи данных, некоторые из них позволяют работать с GSM-терминалами с помощью АТ-команд, что позволяет им инициативно устанавливать соединение с пультом управления. В качестве устройств приема и передачи данных подходит GSM модем, который при установке на измерительные приборы обеспечивает передачу данных в режиме CSD (GSM Data).

Библиографический список

1. Д.И.Давлетчин, Д.А.Дорошенков, Д.Н.Лищишин, Телеметрическая система для измерения и мониторинга экологической зоны. // VII Всероссийская научно-техническая интернет-конференция «Современные проблемы экологии», с 17-20 января 2011 г., ТГУ, г. Тула, С.107-108.

2. Д.А.Дорошенков, Д.Н.Лищишин, рук. Д.И.Давлетчин, Разработка телеметрических систем измерения и мониторинга экологической зоны. // XVII международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов "РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭНЕРГЕТИКА" 24 - 25 февраля 2011 г. МЭИ. С.251.

О ПРОБЛЕМЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ПО ПРЕДПОЧТЕНИЯМ КОМПОЗИЦИИ СЕРВИСОВ

Душкин Д.Н., младший научный сотрудник, аспирант, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук, Москва, Россия

Душкин Н.Д., старший преподаватель, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

Одной из основных проблем современных глобальных систем является **интероперабельность** — способность информационных систем к прозрачному взаимодействию между собой. Такая проблема возникает по нескольким причинам: неспособность единой системы хранить весь объем необходимых данных, необходимость интеграции партнерских систем, объединение систем вследствие слияния предприятий, обновление платформы предприятия с сохранением устаревших, но тем не менее проверенных и надежных систем, и т.д.

В истории развития компьютерных систем было предложено несколько подходов решения описываемой проблемы, однако большинство подходов не соответствовали принципу открытости систем: присутствовала жесткая привязка к конкретной операционной и программной платформе.

Современным решением проблемы интероперабельности является использование **сервис-ориентированной архитектуры (COA)**. Согласно [OASIS Reference Model for Service Oriented Architecture V 1.0, 2009], COA — парадигма организации и использования распределенных возможностей, которые в свою очередь могут быть управляемы различными поставщиками. COA основывается на порядка 80 стандартах, утвержденных основными поставщиками услуг в сфере информационных технологий, таких как: IBM, Oracle, HP, Dell, Microsoft и др. За счет этого существующие системы с COA можно прозрачно объединять и совмещать в рамках стандартизированных процедур.

В основе COA лежит использование **веб-сервисов** — программной системы, спроектированной с целью предоставления возможности взаимодействия между машинами по компьютерной сети [Web Services Architecture – W3C Working Group Note 11, 2004].

Постановка задачи

Зачастую одну и ту же функцию предоставляют различные сервисы. Например, мобильное приложение, отображающее ближайшие больницы в рамках обработки одного запроса может использовать гео-локационный

сервис, географический и информационный сервисы с базой данных (БД) медицинских учреждений, картографический сервис (см. рис. 1). Поставщиками функций гео-локации и картографии могут быть сервисы Google Maps, Яндекс Карты, Bing Maps (сервис Microsoft), Nokia Maps и другие. В качестве географических и информационных сервисов с БД медицинских учреждений возможно использовать различные региональные каталоги, социальные сервисы FourSquare, AlterGeo, Facebook places и др. Использование нескольких сервисов в обработки запроса называют **композицией сервисов**.

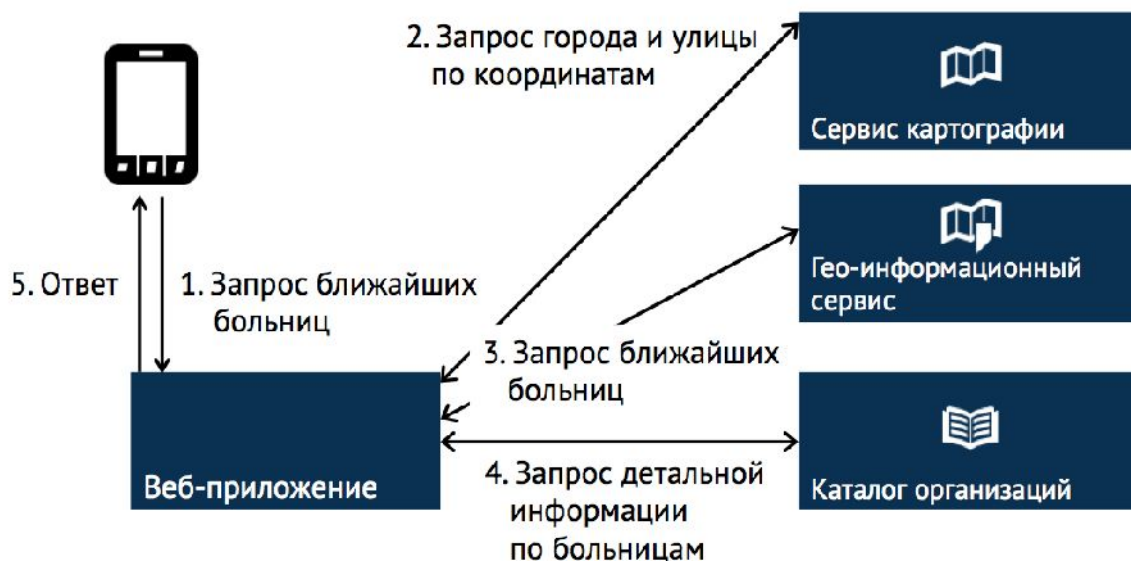


Рис. 1 Пример композиции сервисов в рамках задачи получения списка ближайших больниц

Веб-сервисы имеют различные нефункциональные характеристики: доступность, время обработки запросов, время восстановления после сбоя и т.д. У систем, использующих веб-сервисы, также могут быть требования, описываемые в требованиях к QoS (Quality of Service, качество услуг) и/или в документе SLA (Service Level Agreement, соглашение об уровне оказываемых услуг). Инженеры, оценивая основные показатели проектируемой системы, также могут отдавать предпочтение скорости работы системы, её надежности, малому времени восстановления после сбоев и т.д. Таким образом перед инженерами, проектирующими систему с СОА, ставится многокритериальная задача выбора оптимальной по предпочтениям композиции веб-сервисов, в рамках определенной задачи.

Моделирование задачи в терминах теории важности критериев

Используя нотацию, предложенную в [Подиновский, 2007], [Tang и др., 2010] и [Menascé, Casalicchio, Dubey, 2010], возможно формализовать поставленную задачу:

- Задача T состоит из ряда подзадач t_i , $i = 1, \dots, N_t$, где N_t — число подзадач задачи T .

- S_i , $i = 1, \dots, N_s$ — i -ый сервис в реестре веб-сервисов, где N_s — число веб-сервисов в реестре.

- $S_i . f_j$, $j = 1, \dots, N_{s,i}$ — j -ая функция, реализуемая i -ым веб-сервисом, $N_{s,i}$ — число функций i -го сервиса.

- $Implement(t_k) = \{S_i . f_j \mid S_i . f_j := t_k\}$ — множество возможных реализаций подзадачи t_k посредством функций сервисов $S_i . f_j$.

- $Implement(T) = \{Implement(t_k), k = 1, \dots, N_t\}$ — множество возможных реализаций задачи T , или возможные композиции сервисов в рамках задачи T .

Определим некоторые критерии выбора функций веб-сервисов:

- $ServiceTime(S_i . f_j)$ — оценка времени обработки запроса.

- $Availability(S_i . f_j)$ — оценка доступности функции. В общем случае вычисляется как $Availability(S_i . f_j) = \frac{E[UpTime]}{E[UpTime] + E[DownTime]}$,

где $E[UpTime]$ — среднее время работы сервиса и $E[DownTime]$ — среднее время недоступности сервиса.

- $Cost(S_i . f_j)$ — стоимость обработки запроса. Как правило, стоимость обработки указывается в долларах за 1000 запросов.

Возможно использование и других критериев, более полно характеризующих сервисы. В работе [Душкин, 2012] предложен оригинальный критерий, позволяющий оценить перспективную производительность веб-сервисов при повышении нагрузки — чувствительность веб-сервиса.

Введем нотацию выбора вариантов по предпочтениям:

- $\Omega = \{ServiceTime \succ Availability; Availability = Cost\}$ — обозначение предпочтения критериев выбора. В примере указывается, что время обработки важнее, чем доступность, доступность равноважна стоимости. По правилу транзитивности можно сделать вывод, что время обработки также важнее стоимости.

- P_Ω — отношение предпочтения между двумя вариантами (в нашем случае, функциями веб-сервисов). Например, запись $S_1 . f_1 P_\Omega S_2 . f_1$ означает, что функция f_1 сервиса S_1 предпочтительнее функции f_1 сервиса S_2 с учетом информации о предпочтении Ω .

- Функция $S_i . f_j^*$ реализующая задачу t_k такая, для которой не существует функции $S_i . f_j$, лучшей по отношению P_Ω , называется **недоминируемой**, или **оптимальной по Эджворту-Парето**.

- $Implement(t_k)_\Omega$ — множество недоминируемых вариантов реализации k -ой задачи.

- $Implement(T)_\Omega$ — множество оптимальных по предпочтениям Ω композиций сервисов в рамках задачи T .

Таким образом, для выбора оптимальной по предпочтениям Ω композиции веб-сервисов $Implement(T)_\Omega$ в рамках определённой задачи T необхо-

можно найти множество недоминируемых вариантов (множество Эджворта-Парето) — функций сервисов, реализующих подзадачи $Implement(t_k)$.

Заключение

Оригинальность представленной модели задачи в сравнении с мировым уровнем заключается в следующем:

1. Решение задачи предусматривает наличие **нескольких оптимальных композиций**, что является целесообразным нововведением ввиду наличия ряда сложно формализуемых критериев выбора сервисов, а также ввиду стохастической природы количественных критериев. К примеру, сложно формализовать удобство использования проигрывателя, предоставляемым сервисом видео-хостинга.

2. Использование теории важности критериев позволяет дать ответы на вопросы рода «**на сколько** разница в стоимости вариантов важнее разницы между временами обработки запросов».

3. Возможно использовать не только количественные критерии с понятной шкалой сравнения, но и **качественные** за счет использования единой порядковой шкалы. Таким образом в выборе можно учитывать качественные критерии, например, степень защищенности, соответствие стандартам и др.

Для решения поставленной задачи применимы различные известные методы теории принятия решений: турнирные методы, методы на базе диалога с пользователем, методы на основе частичного машинного обучения. Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-07-31214 мол_а.

Библиографический список

1. Подиновский В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. Москва: Физматлит, 2007.
2. Душкин Д.Н. Анализ чувствительности веб-сервисов в задаче выбора оптимальной конфигурации систем с сервисно-ориентированной архитектурой // Управление большими системами. 2012. Т. 40. С. 164–182.
3. Menascé D.A., Casalicchio E., Dubey V. On optimal service selection in Service Oriented Architectures // Perform. Eval. 2010. Т. 67. № 8. С. 659–675.
4. Tang L. и др. Modeling enterprise service-oriented architectural styles // Service Oriented Computing and Applications. 2010. Т. 4. № 2. С. 81–107.
5. Web Services Architecture – W3C Working Group Note 11. : The World Wide Web Consortium (W3C), 2004.
6. OASIS Reference Model for Service Oriented Architecture V 1.0 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oasis-open.org/committees/download.php/19679/soa-rm-cs.pdf>.

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДРЕЙФ-СПЕКТРОМЕТРИЯ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОЗДУХА, ВОДЫ И ПОЧВЫ

*Капустин Д.В., Захаров А.К., Капустин В.И.
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия.*

В настоящее время для анализа органических соединений при экологическом мониторинге воздуха, воды и почвы используют хроматографы различных типов, масс-спектрометры, ИК-спектрометры, а также ряд других физико-химических методов анализа [1-4]. Все указанные приборы имеют высокую стоимость, значительные габариты и чувствительны к содержанию влаги в анализируемых пробах. Созданные в последние годы дрейф-спектрометры [1], обладая высокой чувствительностью, характеризуются низкой разрешающей способностью, высокой чувствительностью к колебаниям влажности воздуха и позволяют определять параметры либо линейной, либо нелинейной дрейфовой подвижности ионов, образующихся при ионизации органических соединений методами радиоизотопной, лазерной или коронной ионизации.

В СКБ ТСЭМ факультета Электроники МГТУ МИРЭА разработан новый тип дрейф-спектрометра, в котором в качестве ионизатора органических соединений использован поверхностно-ионизационный термоэммиттер ионов, селективно ионизирующий органические соединения азота, серы, фосфора и мышьяка и не чувствительный к колебаниям влажности воздуха, прокачиваемого через прибор [5]. Особенности конструкции дрейф-спектрометра, совместно с системой цифровой обработки сигналов, позволили обеспечить разрешающую способность приборов на уровне 0,2% и чувствительность к указанным типам органических соединений порядка 10^{-13} грамм. Принципиальной особенностью разработанных приборов является возможность одновременного определения до 8 независимых физико-химических параметров органических соединений, что обеспечивает высокую достоверность распознавания органических соединений.

В основе разработанных приборов лежит несколько новых теоретических подходов, обеспечивающих саму возможность многопараметрического метода анализа органических соединений.

При фиксированных значениях амплитуды несимметричных импульсов U_d высоковольтного генератора дрейф-спектрометра относительные положения пиков U_{cm} ионов с массами $M_{i,n}$ и $M_{i,m}$ в дрейф-спектрах будут подчиняться соотношению:

$$\frac{U_{cm,n}}{U_{cm,m}} = \frac{\sqrt{1 + M / M_{i,m}}}{\sqrt{1 + M / M_{i,n}}} \quad . \quad (1)$$

При этом положение самих пиков в дрейф-спектрах определяется соотношением:

$$\frac{\mu_{0;2} U_{см}}{d} + \alpha_{дип.} \frac{U_d^3}{d^3} F_3 + \beta_{квадр.} \frac{U_d^5}{d^5} F_5 + \gamma_{окт.} \frac{U_d^7}{d^7} F_7 = 0. \quad (2)$$

где d – зазор между электродами дрейф-камеры, F_i – моменты импульсов U генератора:

$$F_i = \frac{\int_0^T U^i dt}{TU_d^i}, \quad (3)$$

$\mu_{0;2}, \alpha_{дип.}, \beta_{квадр.}, \gamma_{окт.}$ – параметры линейной и не линейной дрейфовой подвижности ионов. При этом величина ионного тока I_k , прошедшего через дрейф-камеру, для каждого типа иона составит:

$$I_k = I_0 - A\mu_{0;2} I_0 T U_d, \quad (4)$$

где T – период импульсов высоковольтного генератора, I_0 – величина ионного тока при $U_d = 0$, A – константа, определяемая формой высоковольтного напряжения. Соотношения (1) ÷ (4) дают возможность не только одновременно определять параметры линейной и нелинейной дрейфовой подвижности ионов, но и находить массы ионов, образующихся при поверхностной ионизации органических соединений.

На поверхности термоэммиттеров на основе окисленного сплава молибдена или оксидной бронзы щелочного металла существует по два типа активных центров поверхностной ионизации органических молекул на основе азота, фосфора, мышьяка и серы. Величина тока $I_{ТЭ}$ поверхностной ионизации органических молекул с поверхности термоэммиттера определяется выражением:

$$\frac{I_{ТЭ}}{eS} = A_4 \frac{P_M P_{H_2O} (1 - \frac{C_V}{N_{кисл.}})}{T^{7/2}} \left[\frac{1}{A_1} \exp\left(-\frac{\varepsilon_{ион1}^*}{kT}\right) + \frac{1}{A_2} \exp\left(-\frac{\varepsilon_{ион2}^*}{kT}\right) \right], \quad (5)$$

где S – площадь поверхности термоэммиттера, e – заряд электрона, T – температура термоэммиттера, k – постоянная Больцмана, P_M и P_{H_2O} – парциальное давление пара органических молекул и молекул воды у поверхности термоэммиттера, C_V и $N_{кисл.}$ – концентрация кислородных вакансий и кислородных узлов в кристаллической решетке оксида, A_1, A_2, A_4 – константы, не зависящие от температуры, $\varepsilon_{ион1}^*$ и $\varepsilon_{ион2}^*$ – значения энергии активации поверхностной ионизации органических молекул на первом и втором типах активных центров. Выражение (5) позволяет определять значения $\varepsilon_{ион1}^*$ и $\varepsilon_{ион2}^*$, которые являются идентификационными характеристиками органических молекул.

Вольт – амперная характеристика поверхностно-ионизационного диода определяется выражением:

$$I_{ТЭ} = \frac{9}{8} \frac{\varepsilon_0 \mu_0}{d^3} (U - U_0)^2, \quad (6)$$

где U – напряжение «термоэммиттер – коллектор», d – расстояние «термоэммиттер – коллектор», ε_0 – диэлектрическая постоянная, U_0 – параметр, оп-

ределяемый объемным зарядом потока ионов, μ_0 – величина дрейфовой подвижности ионов органических молекул. Выражение (6) позволяет определять данную идентификационную характеристику органических соединений.

При нагреве термодесорбера – накопителя, на поверхности которого находится слой адсорбированных органических молекул, с постоянной скоростью нагрева, ток термоэммиттера будет иметь вид пика, параметры которого связаны соотношением:

$$\frac{dT}{dt} \left(1 + \frac{E_{\text{дес.}}}{kT_{\text{макс.}}}\right) \exp\left(-\frac{E_{\text{дес.}}}{kT_{\text{макс.}}}\right) = \frac{kT_{\text{макс.}}}{h} T_{\text{макс.}}, \quad (7)$$

где dT/dt – скорость нагрева, h – постоянная Планка, $T_{\text{макс.}}$ – значение температуры в максимуме пика ионного тока, $E_{\text{дес.}}$ – энергия активации десорбции органических молекул, которая также является их идентификационной характеристикой.

Исследован модельный набор органических соединений на основе азота, серы, фосфора и мышьяка, отражающий основные типы валентных связей в органических соединениях. Создан макетный прототип дрейф-спектрометра, который может быть использован в области аналитической химии, экологического мониторинга, при детектировании сверхмалых количеств органических соединений азота, серы, фосфора и мышьяка с определением до 8 независимых физико-химических параметров органических соединений.

Проведены теоретические и экспериментальные исследования поверхностно-ионизационного диода, состоящего из поверхностно-ионизационного термоэммиттера ионов, коллектора ионов, термодесорбера – накопителя и системы прокачки воздуха. Устройство может быть использовано для одновременного определения трех физико-химических характеристик органических молекул, имеющих в составе воздуха. На основе данного теоретического подхода разработаны макеты датчиков, предназначенных для использования в системах пожарно-охранной сигнализации и системах мониторинга воздушной среды, а также для мониторинга воды и почвы. Разрешающая способность датчиков – до 1000 , чувствительность – до 10^{-12} г/см³, время анализа – от 1 до 30 сек.

На Рис. 1 показан внешний вид макета прибора для экологического мониторинга воды и почвы.



Рис. 1. Внешний вид макета прибора для экологического мониторинга воды и почвы.

Жидкие пробы объемом $5 \div 20$ мкл в виде растворов органических соединений помещают в термодесорбер, после чего термодесорбер автоматически перемещается в область вблизи входного канала дрейф-спектрометрического детектора. Затем автоматически включается нагрев термодесорбера до температуры $200 \div 300$ °С со скоростью нагрева $5 \div 7$ °С/сек., и детектор в автоматическом режиме определяет три идентификационные характеристики органических соединений. В качестве растворителя органических соединений допускается использование воды, спирта, ацетона и т.д. Идентификационными параметрами органических соединений являются:

- величина энергии активации десорбции (теплота сублимации) органических соединений;
- величина энергии активации поверхностной ионизации органических соединений;
- дрейфовая подвижность ионов органических соединений.

На Рис. 2 приведен внешний вид макета прибора для систем пожарно-охранной сигнализации и систем мониторинга воздушной среды.



Рис. 2. Внешний вид макета прибора для систем пожарно-охранной сигнализации и мониторинга воздушной среды.

Органические соединения, содержащиеся в составе воздуха, прокачиваемого через прибор, адсорбируются на поверхности металлического термодесорбера, выполненного в виде спирали. При периодическом нагреве термодесорбера органические молекулы десорбируются с его поверхности, после чего проводится определение трех физико-химических параметров соединений, аналогичных параметрам прибора Рис. 1.

Библиографический список

1. Проблемы аналитической химии// т. 13. Внелабораторный химический анализ. Под ред. академика РАН Золотова Ю.А. - М.: Наука, 2010, 564 с.

2. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. – М.: Мир, 2003, 683 с.
3. Отто М., Современные методы аналитической химии. Том 1, - М.: Техносфера, 2003, 416 с.
4. Отто М., Современные методы аналитической химии. Том 2, - М.: Техносфера, 2003, 288 с.
5. Коржавый А.П., Капустин В.И., Козьмин Г.В., Методы экспериментальной физики в избранных технологиях защиты природы и человека. – М.: Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012, 352 с.

УДК: 54.07

МОБИЛЬНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА И ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ

*Котельников С.Н., научный сотрудник, ИОФ им. А.М. Прохорова РАН,
Москва, Россия*

Трубицын А.В., к.т.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Введение

В таблице классификации веществ по степени опасности (ГОСТ 12.1.007-76. «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» озон занимает высший класс опасности первый – «Чрезвычайно опасные вещества». Этому же классу опасности соответствует известное ядовитое вещество - синильная кислота. А у хлора класс опасности 2. В виду особой токсичности озона Всемирная организация здравоохранения включила его в список пяти основных загрязняющих веществ, содержание которых необходимо контролировать при определении качества воздуха и признала озон веществом безпорогового действия. Повышенные концентрации приземного озона в Московском регионе отмечаются учеными с конца 90-х годов прошлого века.

В образовании приземного озона принимают участие сотни химических реакций и множество химических соединений. Интенсивность образования озона зависит от физического состояния атмосферы, наличия в воздухе химических соединений и интенсивности ультрафиолетовой радиации солнца. Рельеф местности, наличие деревьев, а также множество других факторов играют важную роль в образовании приземного озона.

Инструментальная часть

Для получения наиболее полной картины концентраций полей приземного озона необходимо проводить мобильные измерения газа и сопутствующие метеопараметры. Для решение этих задач был разработан рабочий макет мобильного комплекса структурная схема которого приведена на рис. 1.

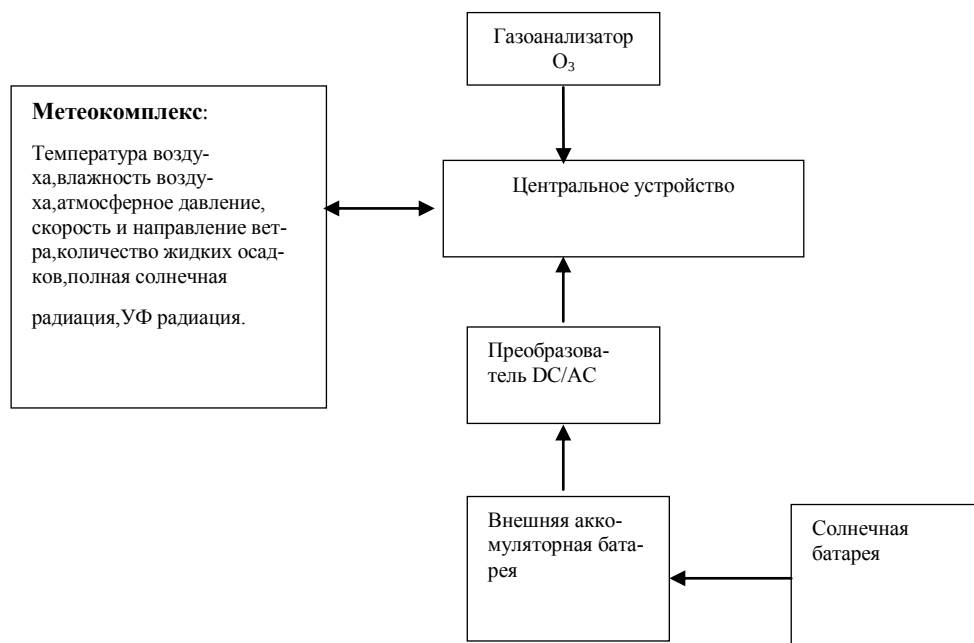


Рис. 1 Структурная блок-схема автоматического мобильного измерительного комплекса для измерения озона и физических характеристик атмосферы.

В качестве центрального устройства используется портативный компьютер с COM портом и USB шиной для подключения оборудования. Газоанализатор озона подключается к центральному устройству через COM – порт, а метеокомплекс через USB – шину. Преобразователь DC/AC преобразует постоянное напряжение 12 в. в переменное 220 в. 50 герц. Преобразователь подключается к автомобильному аккумулятору. Датчики метеокомплекса устанавливаются на металлической или деревянной штанге. Датчик скорости и направления ветра устанавливается на максимальной высоте (12 м.) от земли на ровной площадке. Датчики температуры и влажности имеют радиационную защиту и для установки не требуют метеобудки.

Результаты испытаний мобильного комплекса в полевых условиях.

В мае 2006 были проведены маршрутные измерения приземного озона по маршруту Москва-Таруса-Шишкино-Москва. Измерения показали большую изменчивость концентраций озона на маршруте измерений. Так

на трассе Москва-Серпухов они имели значение от 0 до 80 мкг/м³, перед въездом в Тарусу около бензозаправки концентрации озона составили 200-240 мкг/м³. В д.Шишкино к полдню, концентрации озона составляли 150-170 мкг/м³ и держались на этом уровне до вечера. Во время движения через открытые пространства (поля) уровни озона были выше чем на дороге через леса.

Испытания также проводились в 2007 году на юге Кировской обл. в районе г. Вятские Поляны.

На рис.2 показан ход среднесуточных значений приземного озона и температуры воздуха.

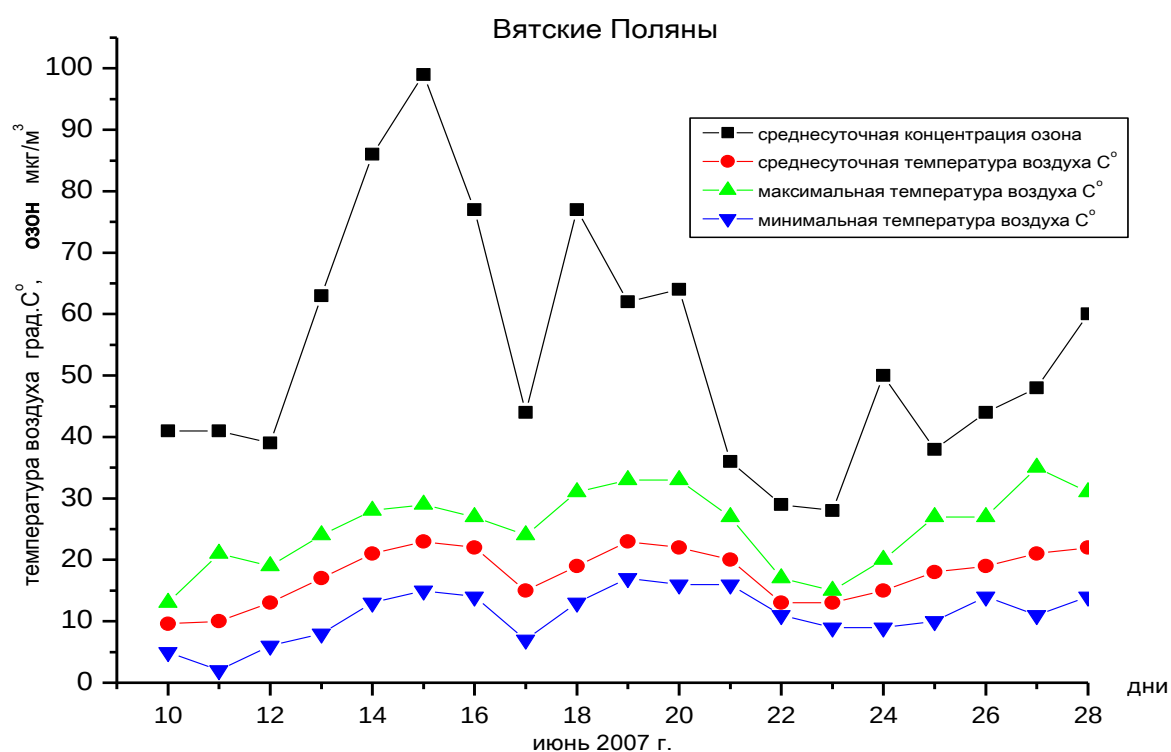


Рис 2. Среднесуточный ход приземного озона и среднесуточной температуры воздуха в г.Вятские Поляны.

Хорошо видна зависимость среднесуточных концентраций приземного озона от величины среднесуточных значений температуры атмосферного воздуха.

Заключение

Проведенные испытания показали высокую надежность измерительного комплекса. Впервые получены уникальные данные о концентрациях приземного озона в Кировской области. Измерительный комплекс показал высокие эксплуатационные качества.

Библиографический список

1. Миляев В.А., Котельников С.Н., Прошляков А.И. Влияние озона на здоровье человека. -Автореферат доклада // Бюл. МОИП. - Отд. Геол., 2007. -Т.82. -Вып.5. - С.80-81 В.С.
2. Котельников С.Н., Миляев В.А., Проблема тропосферного озона в Москве и Московской области. Влияние озона на растения и здоровье человека. Сборник трудов постоянно-действующего научно-практического семинара «Экология и гигиена помещений Московского региона». М.,МГУИ, 2007 г.
3. В.А.Миляев., С.Н.Котельников Новая экологическая опасность для России – приземный озон// Охрана труда и социальное страхование . М., 2007, № 7. с. 59.
4. Миляев В.А., Котельников С.Н., «Ядовитый озон. Новая экологическая угроза для России». Экология и жизнь. 2(75) 2008
5. Миляев В.А., Котельников С.Н.,Вариации приземного озона в малоурбанизированных зонах России. Доклады-МГУ 29.02.08, ИГКЭ 13.02.08
6. В.А.Миляев, С.Н.Котельников «Новая экологическая угроза для России, Ядовитый озон». — Медицинская консультация, №4 (61), Москва, 2008.
7. В.А.Миляев, С.Н.Котельников «Проблема тропосферного озона в Москве и Московской области. Влияние озона на растения и здоровье человека.». — Медицинская консультация, №4 (61), Москва,2008.
8. Котельников С.Н., Миляев В.А., Саханова В.В., «Положительные аномалии концентрации приземного озона в атмосфере некоторых фоновых районов» В кн. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем».Москва, ИГКЭ, Том XXII, 2009.

УДК: 54.07

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕРВИЧНОЙ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Куприянов В.В., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Автоматизация первичной оценки рисков, возникающих при эксплуатации опасных объектов, достаточно актуальная на сегодняшний день тема в части создания действенной системы промышленной безопасности, охватывающей область оценки рисков на каждом этапе жизненного цикла опасного объекта. Создание данной системы особенно актуально в свете зако-

нодательного введения норм и правил, регулирующих деятельность владельцев объектов. Например, актуальность введения единой информационной системы особенно резко проявилась в момент вступления в силу закона «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта» от 27 июля 2010 года № 225 – ФЗ (далее – Закон об обязательном страховании опасных объектов) [1].

При детальном рассмотрении положений закона об обязательном страховании опасных объектов можно заметить, что одной из особенностей при страховании любого опасного объекта, является возможность определения различных характеристик опасного объекта, таких как уровень безопасности, максимально возможное количество потерпевших (МВКП) и уровень вреда, который может быть причинен в результате аварии на опасном объекте. Стоит отметить, что в отношении тех опасных объектов, для которых законодательством предусмотрена разработка декларации промышленной безопасности (а в большинстве своем это те объекты, на которых количество опасных веществ, превышает предельно допустимое), уже есть значения этих данных и можно говорить о комплексном уровне безопасности объекта, в том числе эти данные непосредственно влияют на размер страховой суммы, т.е. на которую застрахован объект. Однако, в части реализации положений закона об обязательном страховании опасных объектов, расчет этих значений предусматривается в отношении каждого опасного объекта, который включен в договор страхования, независимо от наличия либо отсутствия декларации промышленной безопасности. Также немаловажно, что в связи с прямой зависимостью страховой суммы от данных в декларации промышленной безопасности (МВКП), у многих предприятий появилась потребность в актуализации данного документа, который представляет собой комплексную оценку уровня безопасности объекта. Тем не менее, зачастую данные о возможном количестве потерпевших не соответствуют действительности, ведь на момент разработки декларации они могли существенно отличаться от реального состояния дел на сегодняшний день.

Отдельно стоит остановиться на применении понижающего коэффициента, который зависит от уровня безопасности объекта. Пунктом №3 статьи 19 Закона № 225-ФЗ установлена норма разработки Профессиональным объединением страховщиков стандартов и правил профессиональной деятельности, обязательных для его членов, в частности, в отношении правил профессиональной деятельности. Установленный «Порядок определения вреда, который может быть причинен в результате аварии на опасном объекте, максимально возможного количества потерпевших и уровня безопасности опасного объекта» необходим для:

➤ Определения максимально возможного количества потерпевших (используется для определения страховой суммы по декларируемым объектам и коэффициентов страховых тарифов);

➤ Определения вреда, который может быть причинен в результате аварии на опасном объекте (используется для определения коэффициентов страховых тарифов);

➤ Определения уровня безопасности опасного объекта (используется для определения коэффициентов страховых тарифов).

Данные значения рассчитываются в отношении каждого опасного объекта и все составляющие Порядка определения вреда, являются базой для оценки риска возникновения аварии на опасном объекте. Остановимся более подробно на каждом из них.

Уровень безопасности опасного объекта определяется при каждом заключении договора страхования на основании исходных сведений, предоставляемых владельцем опасного объекта, и определяется на основании оценки следующих показателей:

- Техническая безопасность опасного объекта;
- Пожарная безопасность опасного объекта;
- Готовность владельца опасного объекта к предупреждению, локализации и ликвидации последствий возможной аварии на опасном объекте.

Расчет уровня безопасности осуществляется на основании информации, содержащейся в заполненных формах предоставления исходных сведений на основании множества составляющих, таких как:

Сведения о технической безопасности опасного объекта	Оборудование опасного объекта
	Обеспечение безопасности технологического процесса
	Выполнение предписаний Ростехнадзора
	Соблюдение требований в области промышленной безопасности
	Профессиональная подготовка персонала
Сведения о пожарной безопасности опасного объекта	Технические решения по обеспечению пожарной безопасности
	Выполнение предписаний МЧС России (в области пожарной безопасности)
	Соблюдение требований пожарной безопасности
Сведения о готовности владельца опасного объекта к предупреждению, локализации и ликвидации последствий возможной аварии на опасном объекте	Резервирование систем обеспечения опасного объекта
	Выполнение предписаний МЧС России (в области ГО ЧС)
	Соблюдение требований в области ГО ЧС
	Силы и средства ликвидации аварии
	Оповещение при авариях
	Предотвращение постороннего вмешательства

И в конечном итоге рассчитывается числовое значение, соответствующее определенному уровню безопасности:

- низкий;
- минимально приемлемый;
- средний;
- высокий.

Что соответствует определенным понижающим коэффициентам от 1 до 0,9 в 2012 и 2013 г. и до 0,6 в перспективе. Необходимо заметить, что отсутствуют повышающие коэффициенты для объектов, обладающий низким уровнем безопасности.

Также на основании заполненных форм представления исходных сведений для каждого объекта рассчитываются значения максимально возможного количества потерпевших и вред, который может быть причинен в результате аварии.

МВКП определяется в виде суммы следующих составляющих максимально возможного количества:

- физических лиц, жизни которых может быть причинен вред, включая физических лиц, являющихся работниками опасного объекта;
- физических лиц, здоровью которых может быть причинен вред, включая физических лиц, являющихся работниками опасного объекта;
- физических лиц, имуществу которых может быть причинен вред;
- физических лиц, для которых в результате аварии опасного объекта могут быть нарушены условия жизнедеятельности;
- юридических лиц, имуществу которых может быть причинен вред, за исключением самого владельца опасного объекта и юридических лиц, имущество которых находится на территории опасного объекта с согласия страхователя.

Вред в результате аварии на опасном объекте классифицируется по типу потерпевших и виду последствий:

- вред жизни физических лиц;
- вред здоровью физических лиц;
- вред, причиненный в связи с нарушением условий жизнедеятельности;
- вред имуществу физических лиц;
- вред имуществу юридических лиц за исключением самого владельца опасного объекта и юридических лиц, имущество которых находится на территории опасного объекта с согласия страхователя.

В число потерпевших включаются работники страхователя, но при определении вреда учитываются только компоненты вреда жизни и здоровью персонала.

С целью оценки вреда, который может быть причинен в результате аварии на опасном объекте, МВКП и уровня безопасности опасного объекта, для подтверждения исходных данных, предоставляемых владельцем, уточнения в случае недостаточности данных или оценки вреда при изменении степени риска, страховая компания может привлекать экспертные ор-

ганизации, что предусматривается п.1 Статьей 12 Закона об обязательном страховании, который регламентирует право страховой компании проводить за свой счет экспертизу опасного объекта в целях оценки вреда, который может быть причинен в результате аварии на опасном объекте, максимально возможного количества потерпевших и (или) уровня безопасности опасного объекта, в том числе с привлечением специализированных организаций и (или) специалистов.

На сегодняшний день страховым сообществом разработано методическое пособие «Порядок проведения экспертизы опасного объекта, в целях оценки вреда, который может быть причинен в результате аварии на опасном объекте, максимально возможного количества потерпевших и (или) уровня безопасности опасного объекта», которое регламентирует основные положения при проведении предстраховой экспертизы, которая состоит из трех этапов:

1. Предварительный этап.

На этом этапе осуществляется:

- принятие решения о проведении экспертизы опасного объекта;
- составление и согласование заявки со страхователем;
- заключение договора на проведение экспертизы опасного объекта (в случае привлечения специализированных организаций и/или специалистов) или других документов, устанавливающих условия проведения экспертизы.

2. Этап выполнения работ.

Именно на данном этапе проверяется полнота, достоверность и правильность данных по оценке вреда, который может быть причинен в результате аварии на опасном объекте, оценке максимально возможного количества потерпевших, оценке уровня безопасности опасного объекта, предоставленных владельцем опасного объекта и происходит процесс подготовки заключения экспертизы и проводится анализ следующих документов:

- документы, содержащие общие сведения об опасном объекте и владельце опасного объекта, в том числе учредительные документы и документы о государственной регистрации опасного производственного объекта в государственном реестре опасных объектов/ гидротехнических сооружений (далее – ГТС) в Российском регистре ГТС;
- проектная, конструкторская, эксплуатационная, ремонтная документация, декларация безопасности опасного объекта (при ее наличии), разработанные в установленном порядке, техническая документация по опасному объекту (в зависимости от вида опасного объекта), лицензии на осуществление деятельности при эксплуатации опасного объекта;
- документы, содержащие сведения о технической и пожарной безопасности, готовности к предупреждению, локализации и ликвидации чрезвычайной ситуации, возникшей в результате аварии на опасном объекте;
- результаты аттестации рабочих мест по условиям труда работников, занятых обслуживанием опасного объекта;

Несомненно, предоставление и рассмотрение документов, необходимых для проведения экспертизы опасных объектов, следует осуществлять с учетом ограничений на распространение сведений, составляющих государственную тайну и носящих конфиденциальный характер

3. Этап подготовки, представления заключения экспертизы опасного объекта страховщику (в случае привлечения специализированных организаций и (или) специалистов) и предоставление по результатам экспертизы перечня замечаний, предлагаемых мер для их устранения. В том числе проводится анализ и оценка:

- соблюдения установленного порядка регистрации в государственном реестре опасных объектов/ Российском регистре ГТС, наличие необходимых лицензий на эксплуатацию опасного объекта и декларирования опасного объекта;

- порядка допуска к работе на опасный объект лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям и не имеющим медицинских противопоказаний, а также контроля за соблюдением этого порядка, в том числе при проведении подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности и безопасности гидротехнических сооружений;

- соблюдения нормативно-правовых актов и нормативно-технических документов, устанавливающих правила безопасного ведения отдельных видов работ, технологических процессов на соответствующих рабочих местах;

- организации и осуществления огневых и газоопасных работ на опасном объекте;

- организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности;

- ведения учета и анализа причин аварий и инцидентов на опасном объекте;

- обеспечения проведения экспертизы промышленной безопасности и безопасности ГТС в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации, обеспечение проведения диагностики, испытаний, освидетельствования сооружений и технических устройств, применяемых на взрывопожароопасных производственных объектах;

- наличия и функционирования приборов и систем контроля, управления, блокировок, сигнализации и средств противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ) технологических процессов и оборудования опасного объекта в соответствии с установленными требованиями;

- обеспечения выполнения установленных требований к хранению опасных веществ;

- организации необходимых мер, направленных на предотвращение проникновения на опасный объект посторонних лиц и порядок контроля их выполнения;

- готовности организации, эксплуатирующей опасный объект, к локализации и ликвидации последствий аварий.

В целом, институт проведения предстраховой экспертизы применительно к области страхования опасных объектов, на сегодняшний день развит не так сильно как хотелось бы, ведь в большинстве своем при оценке риска страховые компании обходятся своими силами, собирая исчерпывающий объем информации о каждом объекте путем заполнения форм представления исходных сведений и трансляции данной информации в общую информационную систему. Именно анализ собранных данных, позволяет получить четкое представление об уровне и характере рисков, которые могут возникнуть при эксплуатации опасного объекта, а также создание адекватной базы таких объектов на территории Российской Федерации.

Библиографический список

1. Федеральный закон «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта» от 27 июля 2010 года № 225 – ФЗ
2. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов
3. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера
4. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении правил обязательного страхования гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте» от 3 ноября 2011 г. N 916
5. Постановление Госгортехнадзора России от 06.11.1998 № 64 «Об утверждении Правил проведения Экспертизы промышленной безопасности»
6. Методическое пособие Национального союза страховщиков ответственности «Порядок проведения экспертизы опасного объекта, в целях оценки вреда, который может быть причинен в результате аварии на опасном объекте, максимально возможного количества потерпевших и (или) уровня безопасности опасного объекта» от 05.09.2012
7. Правила профессиональной деятельности страховщиков «Порядок определения вреда, который может быть причинен в результате аварии на опасном объекте, максимально возможного количества потерпевших и уровня безопасности опасного объекта» от 08.06.2011

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В МОБИЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

Грязных И.В., к.т.н., профессор, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Лысов П.И., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

1. Введение

Анализ зарубежного и отечественного опыта по мониторингу загрязнений атмосферы [1,2] показывает, что методы, основанные на лидарной локации воздушного бассейна в районах чрезвычайных ситуаций (ЧС) могут позволить обеспечить большую оперативность действий аварийно-спасательных формирований. В ОАО НПК «Системы прецизионного приборостроения» по заказу МЧС разработан мобильный комплекс дистанционного мониторинга (МКДМ), предназначенный для дистанционного контроля выбросов аэрозоля и газов в атмосферу, сопровождающих ЧС. В число задач МКДМ входят определение величины ослабления аэрозоля и относительной объёмной концентрации аварийно-химически опасных веществ (АХОВ). Аппаратура МКДМ размещается в кузове-контейнере, смонтированном на шасси автомобиля КАМАЗ. Фотография автомобиля КАМАЗ с кузовом-контейнером показана на рис.1. В аппаратном отсеке расположено оборудование лидарного канала (ЛК) (фото рис. 2).



Рис. 1.



Рис. 2.

В состав вычислительного комплекса ЛК входит программный комплекс, выполненный в виде виртуального прибора (ВП) среды LabView фирмы National Instruments и работает на персональном компьютере типа IBM PC с установленными операционной системой Windows не ниже Windows XP и модулем NI Run-time Engine версии не ниже 8.5.

2. Описание программного комплекса лидарного канала МКДМ

Функциональная схема работы модуля обработки лидарных сигналов приведена на рис. 3.

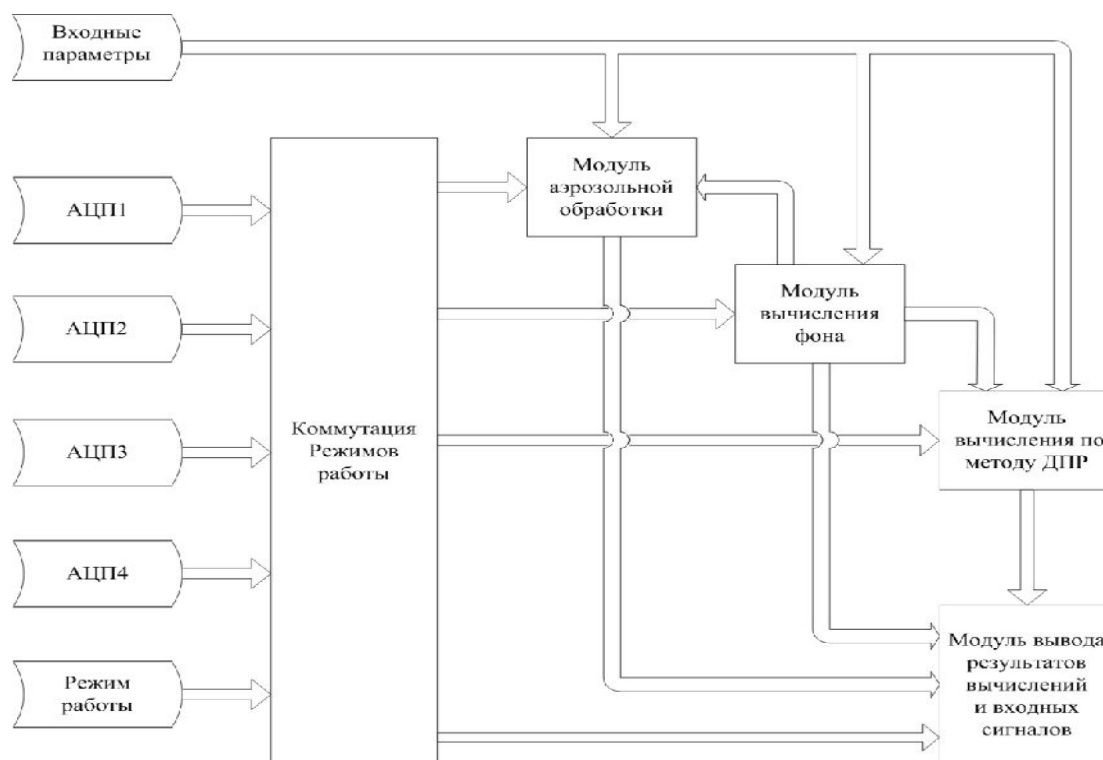


Рис. 3

На вход модуля обработки лидарных сигналов поступают данные от 4 АЦП лидарного канала, считанных необходимым образом, а также информация о режиме работы МКДМ. В качестве других входных параметров используется количество лидарных сигналов, необходимых для усреднения и дальность зондирования. Параметры лидарного сигнала, обусловленные аппаратурой приёмной и предающей оптики и аналогового тракта представлены константой, считываемой во время выполнения программы. В зависимости от режима работы МКДМ происходит коммутация данных от АЦП, и соответствующие данные направляются к модулям обработки. Модули аэрозольной обработки и обработки по методу ДПР для расчета относительной объёмной концентрации АХОВ являются подпрограммами, также выполненными в виде ВП. Модуль вычисления значения фона вычисляет величину постоянного напряжения, эквивалентного фоновому излучению солнца. После вычисления результаты обработки подаются на модуль вывода результатов вычислений и входных сигналов, который формирует изображение на экране ПК. Возможно просматривать не только результаты измерений, но и усреднённые входные сигналы на длинах волн λ_{ON} и λ_{OFF} . На схеме не показаны служебные модули, отвечающие за взаимодействие с интерфейсом пользователя, с другими программными комплексами БВК и за сохранение результатов измерений. На рис. 4 показан вид рабочего окна

модуля обработки лидарных сигналов. В главном окне модуля обработки лидарных сигналов имеются экраны вывода результатов и просмотра входных сигналов. Под экранами просмотра программные клавиши, запускающие работу модуля в различных режимах.

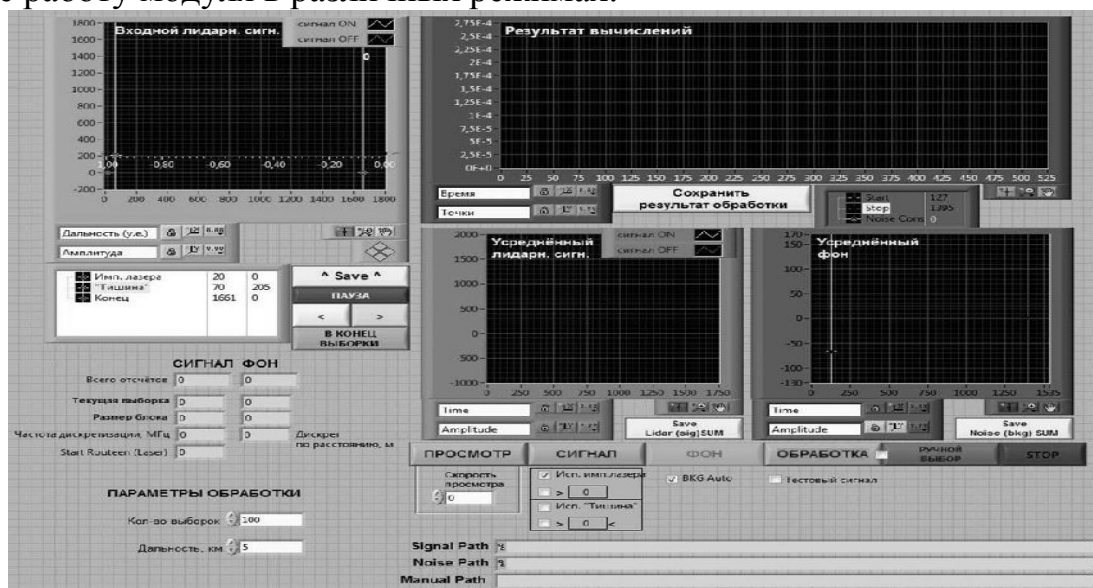


Рис. 4

3. Результаты работы модуля обработки лидарных сигналов

На рис. 5, 6 представлены лидарные сигналы, полученные при зондировании плотного дымового шлейфа во время аварии на промышленном предприятии.

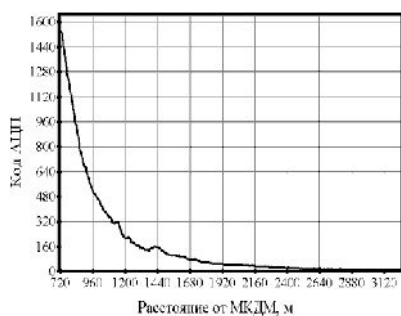


Рис. 5

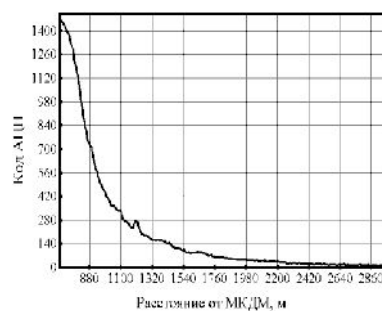


Рис. 6

Результаты работы программы вычисления ослабления аэрозоля представлены на рис. 7.

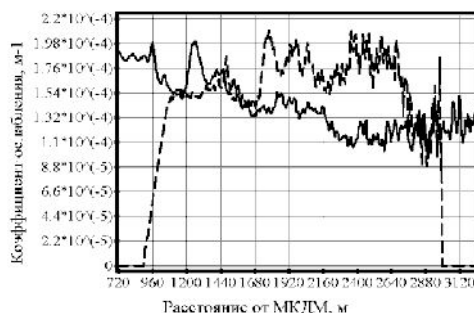


Рис. 7

На сигнале рис. 6 имеется выброс от реального аэрозольного образования, практически незаметный во входном сигнале, но прекрасно заметный на результирующей кривой (рис. 7). По кривым результатов обработки видно, что программа достаточно точно воспроизводит пространственные параметры зондируемых аэрозольных образований. Программный модуль расчёта аэрозольного ослабления в МКДМ может работать и при сравнительно небольших отношениях сигнал/шум, что обеспечивается заложенной в программу цифровой фильтрацией шумов.

На рис. 8, 9 представлены результаты работы программы вычисления относительной объёмной концентрации хлора. Входные сигналы – такие же, что и для аэрозольной программы.

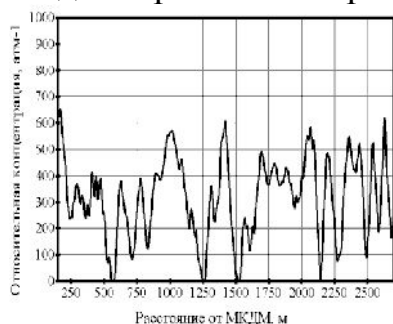


Рис. 8

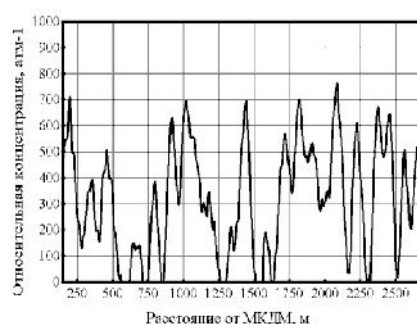


Рис. 9

На приведенных кривых видно, что объёмная концентрация хлора не превышает допустимых нормативных значений. На всех представленных кривых имеет место сильная зашумлённость восстанавливаемого профиля относительной объёмной концентрации хлора. Минимальная величина локально детектируемых пиков составляет порядка $0,6\text{ПДК}_{\text{РЗ}}$. По данному значению можно судить о чувствительности программного модуля по хлору.

В целом, несмотря на сильную зашумлённость полученных результатов, можно говорить о том, что программа определения относительной объёмной концентрации АХОВ даёт довольно низкую погрешность измерений. При такой погрешности измерений можно утверждать о правильности применённых алгоритмов обработки лидарного сигнала. Провести эксперимент при наличии концентрации хлора, заметно превышающей ПДК, не удалось.

Библиографический список

1. Зуев В.Е., Самохвалов И.В., Кауль Б.В., и др. Лазерное зондирование индустриального аэрозоля. - Новосибирск: Наука, 1986. - 186 с.
2. Назаров И.М., Николаев А.Н., Фридман Ш.Д. Основы дистанционных методов мониторинга загрязнений природной среды. - Л.: Гидрометеопиздат, 1983. - 280 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОБРАННОЙ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧНЫХ РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЙ

Мелихов А.А., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В настоящее время существует большое количество кампаний, занимающихся бизнес-аналитикой. Однако даже они зачастую неспособны делать прогнозы достаточно оперативно: сказывается скорость обработки огромных массивов данных. Сложность автоматизации подобной деятельности заключается в субъективности источников информации, в то время как конечный потребитель платит деньги за конкретные результаты. Однако, появление таких методов обработки информации, как Data Mining существенно снизило нагрузку на эксперта: огромные массивы данных агрегируются и представляются в виде различных отчётов, а затем специалист делает на основе этих отчётов обоснованный прогноз, который и предоставляется заказчику.

Естественно, что получаемые отчёты достоверны настолько, насколько достоверна информация, по которой они составлены, поэтому заинтересованные лица различными способами стремятся получить данные, которые не предназначены для публичного распространения. В бизнес среде такая информация чаще всего носит характер инсайдерской, т. е. информацией о деятельности предприятия, взятой из его документов. Несмотря на многие плюсы (оперативность, достоверность), она обладает существенным недостатком: её использование незаконно. Однако, развитие современных информационных систем позволяет использовать для прогнозов только открытые источники, добываясь достаточной точности прогнозов. Каким образом это получается? Любая организация, занимающаяся коммерцией, заинтересована в рекламе своей продукции. С точки зрения конечного потребителя, привлекательным является продукт инновационный, т.е. являющийся результатом новых технологий. Естественно, что авторы этих самых технологий стремятся доказать своё авторство. Публикуя в различных информационных источниках сведения о технологиях, они зачастую могут принести больше пользы своим конкурентам, нежели себе. Вот простой пример: предположим, что параллельно разрабатываются две технологии хранения данных на компакт-диске. Наша организация занимает некоторую нишу на рынке бытовых устройств воспроизведения подобных носителей информации. Нам следует определить, на какой из форматов ориентироваться. Из просто выложенных в Интернет публикаций мы сможем сделать выводы об уровне их развития, а также о том, какие исследовательские лаборатории привлечены к разработке, какие средства затрачиваются, и, что самое важное, какие организации эти исследования финансируют. А зная

«вес» и поведение каждого из игроков на рынке, можно достаточно точно сделать прогноз.

Таким образом, возникает потребность в оперативном анализе поступающих данных и прогнозировании направлений развития технологий с целью адаптации существующих бизнес-моделей к трендам рынка. Проблема же состоит в том, что для получения результатов требуется проанализировать достаточно большое количество документов, в том числе и не относящихся к данному вопросу непосредственно. Естественно, что ручная обработка такого объёма документов не представляется возможной, однако интеграция современных средств обработки данных сводит вмешательство человека к минимуму.

Архитектура системы предполагает четыре основных этапа обработки документов (Рис.1):

- Синтаксический анализ
- Семантический анализ
- Заполнение базы знаний
- Генерация отчётов
-

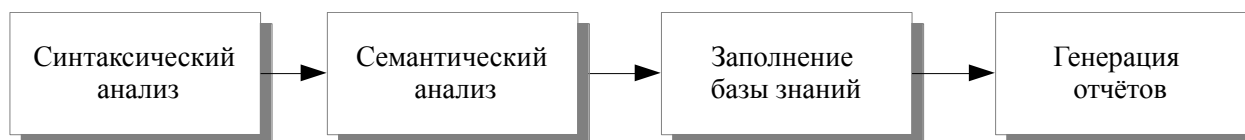


Рис. 1 Этапы обработки документов

На этапе синтаксического анализа исходный текст разбивается на отдельные предложения, для каждого из которых генерируется так называемое дерево разбора, которое наглядно демонстрирует отношения между единицами текста. Наиболее интересным с точки зрения применимости является Стенфордский анализатор, разработанный в университете Стенфорда. Принцип его работы и получаемые им результаты описаны в [1], однако несомненным его преимуществом является открытый исходный код, большая языковая база (на данный момент доступны корпуса для английского, испанского, немецкого, китайского и арабского языков), кроссплатформенность, а также поддержка со стороны разработчика (проект активно развивается).

Семантический анализатор, в свою очередь, определяет семантические связи между отдельными единицами текста и заполняет соответствующую документу по предметной области онтологическую структуру статистическими данными [2]. Собственно статистические данные могут быть предварительно обработаны сторонними приложениями. Наиболее сложным процессом при создании онтологии является определение предметной области, локализация объектов и связей между ними. Богатый опыт специалистов в этой области породил большое количество интересных работ [3-8], целью которых является разработка универсальных методов проектирования онтологий, однако стоит понимать, что они носят рекомендательный характер и разработанная по

ним онтология в некоторых случаях будет неэффективна. Однако, несмотря на неоднозначность подобных подходов, подобная модель представления знаний достаточно универсальна и хорошо масштабируема, что очень важно для распределённой системы. Созданная вручную онтология для конкретной предметной области онтология далее может быть расширена и дополнена извлечённой из текстов информацией, однако принять единый для всей распределённой системы стандарт записи онтологических структур. Перспективной в данном направлении технологией является Resource Description Framework (Среда описания ресурсов), или кратко, RDF. Данная технология применяется как стандарт описания метаданных во Всемирной Сети и широко используется в таких форматах хранения электронных документов как ODF и SVG. Наиболее подробно с данным форматом, а также концепцией Семантической паутины можно ознакомиться в [8].

Интеллектуальный решатель в подобной системе может быть представлен как мультиагентная система с пользовательским интерфейсом (например, в виде клиент-серверного приложения, выполняемого в браузере), которая на запрос пользователем данных предоставляет документ, содержащий статистические выборки и результаты их исследования. Поскольку исходная информация для такого решателя уже представлена в виде онтологической структуры, то его основной задачей является только отображение информации в требуемой форме, однако более сложный характер запросов потребует более продвинутого решателя [9].

Естественно, что разработка подобной системы потребует серьёзных финансовых затрат как на адаптацию существующего программного обеспечения под существующие задачи, так и на организацию инфраструктуры, однако практическая ценность систем подобного рода очевидна, а потребность в получении оперативных данных постоянно возрастает.

Библиографический список

1. Marie-Catherine de Marneffe Bill MacCartney, Christopher D. Manning Generating Typed Dependency Parses from Phrase Structure Parses. - Stanford : Stanford University, 2006.
2. Stowell Sarah Instant R: An Introduction to R for Statistical Analysis.: Jotunheim Publishing, 2012.
3. Лукашевич Н.В. Тезаурусы в задачах информационного поиска. - Москва : МГУ, 2011. - 512 с.
4. Brian R. Gaines Mildred L. G. Shaw Knowledge Acquisition, Modeling and Inference through the World Wide Web. - Alberta : University of Calgary.
5. Dieter Fensel Federico Michele Facca, Elena Simperl, Ioan Toma Semantic Web Services. - Heidelberg, Dordrecht, London, New York : Springer, 2011.
6. Grigoris Antoniou Frank van Harmelen A Semantic Web Primer second edition. - Cambridge, London : The MIT Press, 2008.

7. Pavel Shvaiko Jerome Euzenat, Fausto Giunchiglia, Heiner Stuckenschmidt, Ming Mao, Isabel Cruz Ontology Matching. - 2010.
8. Dean Allemang James Hendler Semantic Web for the Working Ontologist. Modeling in RDF, RDFS and OWL. - AMSTERDAM, BOSTON, HEIDELBERG, LONDON, NEW YORK, OXFORD, PARIS, SAN DIEGO, SAN FRANCISCO : Morgan Kaufmann, 2008.
9. Steffen Staab Rudi Studer Handbook on Ontologies. Second edition. - Dordrecht, Heidelberg, London, New York : Springer, 2009.
10. Танненбаум Э. Распределённые системы. Принципы и парадигмы. - СПб. : Питер, 2003. - 877 с.

УДК: 629.7

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ МЕЖДУНАРОДНОЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГЛОБАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА - НОВЫЙ И ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ БОРЬБЫ СО СТИХИЙНЫМИ БЕДСТВИЯМИ

В.А. Меньшиков¹, Л.В. Меньшикова², В.В. Меньшиков², А.В. Радьков³

¹ ***НК «Международный комитет по реализации проекта МАКСМ»,
Москва, Россия***

² ***МГТУ МИРЭА, Москва, Россия***

³ ***«НИИ космических систем имени А.А. Максимова» - филиал ФГУП
«ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», Москва, Россия***

Природные и техногенные бедствия продолжают оставаться одними из основных угроз устойчивому развитию человечества, нанося огромный урон государствам и планете в целом. Это в очередной раз подтвердили недавние катастрофические землетрясения на Гаити, в Чили, Турции и других странах, жертвами которых стали сотни тысяч людей. Апрельское (2010 г.) извержение вулкана в Норвегии на десять дней парализовало авиационное сообщение по всей Европе, нанеся экономический ущерб в десятки миллиардов Евро. Примерно в то же самое время в Мексиканском заливе произошла крупнейшая за последние годы техногенная катастрофа, которую с полным основанием называют "нефтяным Чернобылем", ущерб от которой исчисляется многими миллиардами долларов, не говоря уже о невосполнимых экологических потерях. Майские трагедии на угольных шахтах России и Китая, унёсшие жизни сотен людей, пополнили «печальный список рукотворных бедствий».

По статистике ООН в 2008 году в мире имели место 137 природных и 174 техногенных катастроф, унёсших около четверти миллиона челове-

ских жизней. В 2009 году экономический ущерб в одном только Китае от стихийных бедствий превысил 27 млрд. долларов. За период с 1970 по 2000 год сумма, в который Человечеству обошлись природные и техногенные бедствия, составила величину полтора триллиона долларов США. Между тем, каждый миллион долларов, вложенный в предотвращение риска и смягчение последствий таких стихийных бедствий может дать семикратную отдачу, в связи с чем их эффективное прогнозирование становится крайне важным и актуальным.

Среди «нереализованных» глобальных угроз современному человечеству – астероидно-метеороидная опасность, грозящая разрушительными бедствиями планетарного. Реальность столкновения Земли с астероидами и долгопериодическими кометами, а следовательно - необходимость принятия мер по их предотвращению в настоящее время не вызывает сомнений (проблема в качестве насущной и глобальной уже рассматривается на уровне Объединённых Наций).

При прогнозировании угроз, как возникающих на планете, так и привносимых из космоса, особую значимость приобретает прикладное использование уже существующих научно-технических и технологических разработок, направленных на выявление признаков надвигающейся опасности на основе комплексного анализа параметров разнообразных аномальных физических явлений, которые предшествуют возникновению природных стихийных бедствий и вызываемых ими чрезвычайных ситуаций техногенного характера. На сегодняшний день достоверно установлено, что такие явления (предвестники) имеют место в ионосфере, атмосфере и литосфере Земли, могут быть зафиксированы, измерены и использованы для прогноза места, времени и мощности стихийного события. Такие работы ведутся во многих странах, с том числе и в России. Однако, несмотря на значительный прогресс, достигнутый мировым сообществом в области технологий космического мониторинга пока не обеспечивается ни его глобальность, ни должная координация на организационном, техническом и информационном уровнях. На повестке дня настоятельно стоит проблема формирования работоспособного международного механизма эффективного прогнозирования и раннего предупреждения об опасных природных и техногенных явлениях, создающих угрозы планетарного характера.

Пришло время поставить вопрос о том, что своевременное и максимально эффективное предупреждение о приближении чрезвычайных ситуаций космического, природного или техногенного происхождения возможно исключительно на основе комплексного, скоординированного и рационального использования научно-технического потенциала всех стран мира.

Одним из реальных инструментов решения данной проблемы может стать предложенный российскими учёными ещё в 2007 году и поддержанный их многими зарубежными коллегами проект создания «Международной аэрокосмической системы глобального мониторинга». МАКСМ – это

крупная организационно-техническая система, интегрирующая в своём составе, наряду с собственным специализированным космическим сегментом – группировкой малых КА с бортовой аппаратурой обнаружения ранних признаков стихийных бедствий, наземные и авиационные средства мониторинга, космические системы ДЗЗ, связи и ретрансляции, метеорологического и навигационного обеспечения (либо их информационные и организационно-технические ресурсы), вместе с соответствующей инфраструктурой.

Система создаётся с целью своевременного предупреждения мирового сообщества о грозящих стихийных бедствиях и чрезвычайных ситуациях техногенного характера, обеспечения эффективной ликвидации их последствий, дальнейшего развития и интеграции навигационно-телекоммуникационных и информационных ресурсов планеты в интересах парирования глобальных угроз и решения гуманитарных проблем Человечества

Среди первоочередных задач МАКСМ - космический мониторинг литосферы, атмосферы и ионосферы Земли, околоземного космического пространства с целью выявления ранних признаков происходящих опасных природных и техногенных процессов; сбор, обобщение, комплексная обработка, интерпретация, хранение и отображение мониторинговых данных, оперативное доведение информации о выявленных угрозах природного и техногенного характера до подвергающихся опасности государств, а также - специализированных структур ООН

Со временем технический и организационный потенциал МАКСМ предполагается использовать также для навигационного и телекоммуникационного обеспечения потребителей по всему миру, в том числе в интересах проведения мероприятий в чрезвычайных ситуациях, медицины катастроф, осуществления гуманитарных операций; развития дистанционного обучения и подготовки специалистов в различных областях, а в более отдалённой перспективе – для эффективного предупреждения об астероидно-метеороидных угрозах и аномальных явлениях космического происхождения в целях поэтапного формирования единого, общепланетарного «информационного пространства глобальной безопасности».

Проект МАКСМ не является альтернативой тем усилиям, которые предпринимаются сегодня мировым сообществом в области мониторинга стихийных бедствий и катастроф. В его рамках предполагается использовать технические возможности и организационный потенциал всех известных международных, региональных и национальных проектов в области ДЗЗ и предотвращения катастроф, таких как программа СПАЙДЕР-ООН, «Глобальная система систем наблюдения Земли» (GEOSS), «Европейская система глобального мониторинга окружающей среды и безопасности» (GMES), «Система мониторинга стихийных бедствий в Азиатско-Тихоокеанском регионе» (Sentinel Asia), «Международная хартия по космосу и крупным катастрофам» (Disaster Charter), «Система мониторинга природных и техногенных катастроф «Ионосат» (Украина) и др.

В конечном итоге, будет обеспечен своевременный сбор, обработка и формирование достоверной информации предупреждения о потенциально опасных событиях, в целях своевременного принятия отдельными странами и мировым сообществом мер по предотвращению или ослаблению их последствий.

Важным элементом МАКСМ в перспективе может стать международная подсистема дистанционного обучения в области мониторинга и прогнозирования природных и техногенных катастроф, которая позволит существенно расширить как возможности освоения профильных образовательных программ повышения квалификации и оперативной подготовки соответствующих специалистов; так и повышение качества обучения в образовательных учреждениях, находящихся вдали от административно-промышленных и культурных центров.

Компоненты МАКСМ могут быть использованы и под решение оперативных задач в чрезвычайных ситуациях, в частности, задач экстремальной медицины или медицины катастроф : начиная с определения местоположения людей, оказавшихся в экстремальных ситуациях до оказания им необходимой медицинской помощи и последующего дистанционного контроля их состояния.

На сегодняшний день уже создан определённый технический и технологический задел для формирования собственного орбитального сегмента МАКСМ на основе малых и микро КА с разнообразной целевой аппаратурой обнаружения и ретрансляции ранних признаков стихийных бедствий и техногенных катастроф. Это могут быть, например, группировки КА-платформ массой до 400 кг., развёрнутых на низких солнечно-синхронных и геостационарной орбитах. С учётом уровня развития аппаратной реализации технологий прогнозирования геофизических явлений, датчиковой аппаратуры и ракетно-космической техники в целом, появления КА с требуемыми параметрами мы реально ожидаем уже в течение ближайших лет. В рамках Проекта постепенно начинает складываться международная кооперация по созданию группировки указанных малых и микро спутников между их российскими разработчиками и канадскими и американскими коллегами (в частности, группа профильных канадско-американских компаний CANEUS проявила живой интерес к Проекту).

Концептуально проект МАКСМ был одобрен участниками Первого международного специализированного симпозиума «Космос и безопасность человечества», который прошёл 2-4 ноября 2009 года г. Лимассол, Республика Кипр. Этот представительный научный форум стал важным этапом практического продвижения нашей инициативы, которая была активно поддержана Международной академией астронавтики (сформировавшей под её оценку специальную экспертную группу из представителей 12 стран), прошла предварительную многоступенчатую научную апробацию в ходе целого ряда международных форумов, в том числе, проводимых по линии ООН, получила одобрение известных учёных и профильных спе-

циалистов ведущих космических держав, включая четырёх руководителей национальных космических агентств. Информационное и организационное содействие в популяризации проекта МАКСМ оказывают Федеральное космическое агентство России, недавно подавшее заявку на вступление в Международную Хартию «Космос и стихийные бедствия» и Международная ассоциация «Знание», имеющая генеральный консультативный статус в ЭКОСОС, ЮНИДО и Департаменте общественной информации ООН. С политической поддержкой проекта выступает и МИД России в рамках российской внешнеполитической линии, направленной на содействие развитию международного сотрудничества в мирном освоении космоса для обеспечения глобальной безопасности и устойчивого развития.

В ходе двухлетней работы по инициации проекта МАКСМ нам удалось достичь некоторых практических результатов, а именно:

- организовать и выполнить обширные научно-теоретические исследования по проекту в т.ч. с участием зарубежных специалистов;
- активно и достаточно успешно продвигать Проект на международном уровне;
- развернуть полномасштабные ОКР по созданию Многофункциональной системы Союзного государства «Россия-Беларусь» как прообраза ключевых сегментов МАКСМ;
- сконструировать и начать проведение испытаний опытных образцов МКА для собственного орбитального сегмента МАКСМ;
- приступить к развертыванию и отработке специализированной наземной инфраструктуры приёма и обработки спутниковой мониторинговой информации МАКСМ.

В конечном итоге МАКСМ может стать надежным инструментом снижения глобальных рисков и парирования угроз нынешнего периода перехода от индустриального к информационному обществу. Именно поэтому уже в самое ближайшее время можно было бы начать активную проработку организационной и международной договорно-правовой базы реализации проекта, чтобы на его основе постепенно объединить информационные и навигационно-телекоммуникационные ресурсы всех стран в «общее планетарное информационное пространство безопасности» - глобального мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций.

Проект МАКСМ был официально представлен на 47 сессии Научно-технического подкомитета Комитета ООН по использованию космоса в мирных целях, проходившей 8-19 февраля в Вене (документ ООН A/АС.105/958 от 11 марта 2010 года). В ходе нашей работы на сессии и нескольких последовавших за ней международных форумах, был достигнут ряд конкретных позитивных результатов по привлечению внимания к проекту МАКСМ со стороны мирового сообщества, исходя из перспектив налаживания сотрудничества в рамках его реализации под эгидой ООН и её заинтересованных институтов. Эти перспективы выразились, в частности, в подготовке ряда меморандумов о взаимопонимании, проведении многочис-

ленных встреч и консультаций с руководством «ЮН-ООСА», «ЮН-СПАЙДЕР», «ГЕОСС», «ИСПРС», а также присутствовавшими на сессии профильными специалистами из 40 стран всех континентов. Многие из них выразили готовность войти в состав «Международного комитета по реализации проекта МАКСМ», организационное оформление которого, наряду с принятием технической концепции Проекта, предполагается завершить в ходе работы Второго международного специализированного симпозиума «Космос и глобальная безопасность человечества», намеченного к проведению в Риге, Латвия, 5-9 июля 2010 года.

Повесткой трехдневной работы рижского симпозиума, наряду с организационным оформлением Международного комитета МАКСМ и оценки результатов деятельности специальной рабочей группы экспертов Международной академии астронавтики «Ликвидация последствий стихийных бедствий», предусмотрено обсуждение политических, правовых, организационных и технических аспектов реализации Проекта, перспектив расширения круга его государств-участников за счёт стран Севера Европы и Балтии. При этом предполагается рассмотреть три группы вопросов:

Современная стратегия освоения космоса (социально-философские аспекты, долгосрочные цели исходя из интересов глобальной безопасности, сохранение экологии Земли и космоса, предупреждение из космоса об угрозах и чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, подготовка специалистов в области космической деятельности и прикладного использования её результатов).

Проект Концепции МАКСМ (цели, задачи, требования, облик, структура; методы, технологии и средства прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; политический, правовой, организационный, финансовый и технический аспекты создания и использования будущей системы)

Перспективы формирования единого информационного пространства безопасности с использованием навигационно-телекоммуникационных ресурсов МАКСМ (эффективное предупреждение о планетарных угрозах и из космоса, поддержание экологии космоса, решение гуманитарных проблем: сохранение культурных ценностей, ликвидация неграмотности, дистанционное обучение, медицина катастроф и т.п.).

Таким образом, идея «Международной аэрокосмической системы глобального мониторинга» из категории общетеоретической концепции всё более превращается в реальный Проект с вполне ясными перспективами реализации в обозримом будущем, который с каждым месяцем обретает всё новых и новых сторонников, как в России, так и за её пределами.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТРАНСПОРТЕ УГЛЕВОДОРОДОВ В ИНТЕРЕСАХ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИНТЕРЕСАХ МАКСИ

В.В. Меньшиков¹, М.А. Габова²

¹МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

²ОАО «РКС», Москва, Россия

Транспорт углеводородов требует применения высокотехнологичных материалов, способных выдерживать высокие давления, напряжения, значительные скорости движения рабочих сред. Также немаловажным в транспорте углеводородного сырья является наличие в продукте агрессивных и абразивных компонентов [4].

Решением одной из проблем, связанной с повышением эксплуатационной безопасности и долговечности трубопроводного транспорта, является надежная защита от коррозии, особенно для элементов, транспортирующих дефицитные энергоресурсы нефте- и газопроводов, подверженных воздействию как внутренней, так и наружной коррозии, на которых происходят аварии, иногда с тяжелыми экологическими последствиями. Затраты же на ликвидацию последствий коррозионных разрушений могут составлять до 30 % от затрат на добычу нефти и газа. В ряде случаев порывы вследствие коррозии насосно-компрессорных труб приводят к потере скважин и значительным убыткам. По причине активной коррозии межремонтные сроки для стальных нефте- и газопроводов составляют 5-6 лет, а актуальность борьбы с коррозией возрастает по мере их эксплуатации [6].

В зарубежной практике и в Российской Федерации для повышения коррозионной стойкости, надежности и эксплуатационной безопасности нефте- и газопроводов, эксплуатирующихся при давлении 5,0 МПа и более, а также при температуре до 95 °С, вместо труб из традиционных материалов начали эффективно применяться трубы из полимерных композиционных материалов, в том числе армированных и многослойных. Интенсивное развитие в последние годы трубопроводного транспорта в Российской Федерации за счет применения армированных и многослойных труб из полимерных композиционных материалов можно объяснить следующим: технология получения армированных и многослойных (в т.ч. методом намотки) изделий из полимерных композиционных материалов для нужд аэрокосмического комплекса была разработана еще в 60-е годы и после распада СССР образовались незагруженные производственные мощности по этой технологии, которые начали использоваться для нужд трубной промышленности.

К новым конструктивным решениям по созданию труб из полимерных композиционных материалов для нужд нефтегазовой промышленности, которые успешно применяются, относят следующие:

- полиэтиленовые трубы, армированные высокопрочными синтетическими нитями;
- полиэтиленовые трубы, армированные жестким каркасом из стальной малоуглеродистой проволоки;
- гибкие полиэтиленовые трубы, армированные стальной малоуглеродистой проволокой и синтетическими нитями. [3]

Развитие нефтегазового комплекса невозможно без труб нового поколения – армированных и многослойных труб из полимерных композиционных материалов, которые не подвержены коррозии. Имеющийся зарубежный опыт показал, что для труб из полимерных композиционных материалов экономический эффект складывается главным образом из экономии дефицитных металлов, увеличения ресурса (срока эксплуатации) нефтепроводов и газопроводов в первую очередь за счет повышения их коррозионной стойкости, повышения надежности и безопасности эксплуатации, удешевления стоимости монтажа и эксплуатации, а также снижения потерь напора на трение, что позволяет уменьшить мощность насосов и компрессоров, а также расчетные диаметры трубопроводов (пропускная способность труб из полимерных композиционных материалов данного условного прохода примерно соответствует пропускной способности стальной трубы следующего по номиналу большого условного прохода). [7]

За рубежом широкое распространение композиционных материалов нашло в добыче и транспорте нефти и газа с офшорных месторождений, где их основные преимущества находят наиболее яркое выражение. Данный опыт особенно полезен для Российской Федерации, где добыча углеводородов с подводных месторождений проходит этап становления, и основные перспективы развития энергетики страны связываются с полезными ископаемыми Арктических морей [5].

Композиционные материалы могут применяться для создания намоточных труб, которые существуют с 1960 года. Хотя композитные намоточные трубы предназначались для капитального ремонта при высоком давлении и офшорных использованиях, однако к настоящему времени они находят наибольшее применение в прибрежных накопительных системах, благодаря их стойкости к коррозии и тому факту, что они могут иметь большую длину, что уменьшает количество соединений. [1]

Намоточная композитная труба состоит из термопластичного лайнера, обернутого структурным ламинатом из стекла или углеволокна в эпоксидной матрице, который затем покрывается наружным не износостойким слоем из неармированного или армированного стеклом термопласта. В «связанных» намоточных трубах термопластичный лайнер связан прямо с структурным ламинатом, в то время как «несвязанная» труба имеет множество дискретных и не закрепленных структурных слоев (композит и/или металл) над лайнером, которые могут сдвигаться по отношению друг к дру-

гу, позволяя выдерживать высочайшие намоточные напряжения и, как правило, высочайшие давления.

Намоточная труба получила широкое распространение в прибрежной зоне Северной Америки, в таких областях как накопительные линии устья скважины, поточные линии и инъекционные линии. Композитные продукты в первую очередь заменяют сталь благодаря скорости и легкости установки.

Не только трубопроводы рассматриваются в качестве транспорта нефтепродуктов. У нескольких компаний, занимающихся транспортом углеводородного сырья, в том числе и по морю, есть новая концепция - транспортировка сжатого натурального газа на корабле в больших композитных резервуарах под давлением. Они основываются на последних исследованиях, говорящих о том, что большая часть природного газа, который будет добываться в будущем, приурочен к подводным скоплениям углеводородов, что приведет к естественным потребностям транспорта этого газа к потребителям. [2]

Концепция включает в себя намотку больших цилиндрических резервуаров высокого давления из армированного стеклопластика длиной 12 метров с термопластичными лайнерами и фитингами из нержавеющей стали на обоих концах. Они будут установлены прямо в модульные захваты «кассетного» типа из 16-25 резервуаров, и подсоединены к верхнему и нижнему трубопроводным коллекторам для легкости заполнения и опустошения. Кассеты закрепляются, и транспортируются в контейнерах. Давление находится в пределах 10-25 МПа, а температура поддерживается настолько низкой, насколько это возможно, для того чтобы максимизировать объем перевозимого газа.

Композиты для транспорта газа предпочтительнее, чем сталь благодаря более легкому весу, стойкости к коррозии (благодаря термопластичному лайнеру), стойкости к криогенным температурам, разломам и разрывам. Стоимость также конкурентоспособна по сравнению со сталью, при данных размерах бутылки и относительно высоких ценах на сталь.

На сегодняшний день внедрение новейших технологий в области транспортировки и добычи углеводородов – важнейшая задача как государства, так, в частности, и бизнеса. В условиях жесткой конкуренции за энергетическое влияние данная проблема становится основной среди стран, производящих и экспортирующих углеводородное сырье. Для России, кроме того, – это задача дальнейшего наращивания конкурентного преимущества в современном мире, где вопрос эффективности энергетического комплекса страны играет главенствующую роль в геополитическом аспекте. Поэтому необходимо осваивать и применять новейшие технологии для транспортировки углеводородного сырья, а также использовать новейшие материалы, способные выдерживать высокие давления, напряжения, значительные скорости рабочих сред.

Библиографический список

1. А.Л. Виллемсон, Б.А. Логинов. Фторполимерные материалы как средство повышения эффективности нефтегазовой отрасли // Коррозия территории нефтегаз. 2009. Вып.11. С. 26-29.
2. Бузник В.М. Фторполимерные материалы: применение в нефтегазовом комплексе (Сер. «Академические чтения», вып.61) – М.: Изд-во «НЕФТЬ и ГАЗ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009. – 31 с.
3. Исследования и разработки, обеспечивающие создание конкурентоспособных полимерных композиционных материалов на основе углеродного волокна // Эл. Источник: <http://www.compozit.su/f/news/97/641361/632226.pdf>
4. World Energy Outlook 2011// IEA, 2011. – 696 P.
5. S. Black. Composites Alive And Well In Offshore Oil Applications // Composites Technology. 2006. Vol. 2.- 7 P.
6. P. Laney. Use of Composite Pipe Materials in the Transportation of Natural Gas // INEEL Field Work Proposal # 4340-70, 2002. – 69 P.
7. Energy Technologies at the Cutting Edge // IEA, 2007. – 113 P.

УДК: 629.7

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МФКС В ИНТЕРЕСАХ ИНТЕГРАЦИИ ОБОРОНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА РОССИИ И БЕЛАРУСИ

Меньшиков В.В., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Эффективное использование накопленного научно-технического и космического потенциала имеет для Союзного государства сегодня непреходящее значение. Специфика географического положения России и Беларуси, размещение ресурсов и социально-экономических объектов такова, что большинство государственных программ не может быть успешно реализовано без использования результатов космической деятельности.

Космическое сотрудничество наших двух стран давно уже вышло за рамки проведения совместных научных исследований. Интеграция космического потенциала Беларуси и России при решении задач создания единого информационного пространства, рационального использования природных ресурсов, развития навигации и телекоммуникаций, проведения мониторинга земной поверхности, эффективного использования транспорта и повышения качества гидрометеорологических прогнозов переходит в область практических решений. Кроме того, значительная часть информации, получаемой при решении народнохозяйственных задач, представляет соот-

ветствующий интерес для силовых ведомств, а данные, получаемые с использованием космических средств могут с успехом использоваться в интересах решения задач в интересах обороны, безопасности.

Создание Многофункциональной космической системы Союзного государства (МФКС) является сегодня одной из самых амбициозных и дорогостоящих совместных российско-белорусских программ, в которой участвуют более 50 предприятий, академических институтов и высших учебных заведений двух стран. Концепция МФКС, разработка которой осуществлялась в рамках самостоятельных программ Союзного государства («Космос-БР», «Космос-СГ» и «Космос-НТ»), предусматривает эффективное развитие и совместное использование космического потенциала России и научно-технического потенциала Республики Беларусь в интересах решения широкого спектра социально-экономических, научно-прикладных и оборонных задач. На Рис. 1 схематично представлены цели создания и направления использования МФКС.

Разработчики системы предусмотрели применение в МФКС перспективных совместимых космических технологий с последующим их внедрением в различные сферы деятельности, включая обеспечение органа управления Союзного государства, а также потребителей космической мониторинговой информации, связи, услуг по навигации в режиме реального времени, что особенно актуально в условиях возникновения рисков и угроз национальной и региональной безопасности, особенно в условиях чрезвычайных ситуаций.

Исходя из состояния отечественной орбитальной группировки, находящейся в оперативном использовании, а также информационного потенциала МФКС, можно предположить, что в интересах обеспечения собственно военной безопасности МФКС и ее отдельные компоненты могут привлекаться для решения большинства из вышеперечисленных задач, связанных с оборудованием (дооборудованием) ТВД; разведывательным, связным, навигационным, метеорологическим и топогеодезическим обеспечением; выдачей данных для целеуказаний системам оружия; мониторингом в интересах оценки военно-экономического потенциала и состояния оперативного оборудования ТВД, включая испытательные полигоны; уточнением топо и цифровых карт любого района Земного шара, картографирование мелководных акваторий создание банка данных спектральных признаков объектов и фонов для оперативного автоматического дешифрирования.

Необходимо отметить, что особое значение для обеспечения военной безопасности будет иметь мониторинг процессов создания, испытаний и развертывания противоракетной обороны во всем спектре возможных подходов к их осуществлению, контроль процесса ракетно-ядерного разоружения, верификация соблюдения договоров и соглашений в области ограничения вооружения и нераспространения ядерного вооружения, а также средств его доставки. В интересах обеспечения внутренней безопасности возможности МФКС могут быть использованы в таких направлениях как:

- обеспечение оперативных функций борьбы с проявлениями терроризма и экстремизма (связь, навигация, мониторинг, «нелетальное» воздействие);

- мониторинг приграничных районов, маршрутов наркотрафика и районов размещения террористических формирований на территории союзного государства и за его пределами;

- подавление массовых беспорядков, проявления экстремизма и национального сепаратизма;

- эффективное выявление возникающих угроз территориальной целостности и суверенитету Российской Федерации и Республики Беларусь.

Самостоятельное значение имеют перспективы использования потенциала МФКС в интересах обеспечения экономической безопасности, например, – для повышения эффективности грузоперевозок (телематическая система транспортных коридоров), или как инструмент диверсификации расходов на осуществление космической деятельности за счет международного характера создания и использования системы, привлечения зарубежных инвестиций.

Экологический аспект безопасности применительно к МФКС связан с возможностями глобального и непрерывного мониторинга экологической обстановки на территории Союзного государства, контроля зон крупных природных катаклизмов и техногенных катастроф, а в перспективе – их прогнозирования в целях оперативного парирования возникающих угроз жизни и здоровью людей. Следует особо отметить, что МФКС рассматривается в качестве пилотного проекта более амбициозной системы – Международной аэрокосмической системы глобального мониторинга (МАКСМ), работы по созданию которой, постепенно развёртываются в широкой кооперации более, чем 30 стран и организаций. Ввиду перспективности данного направления использования потенциала МФКС позволим себе более подробно остановиться на Проекте МАКСМ.

Как известно, природные и техногенные бедствия продолжают оставаться одними из основных угроз устойчивому развитию человечества, нанося огромный экологический и социально-экономический ущерб государствам и планете в целом. Это в очередной раз подтвердили катастрофические землетрясения на Гаити, в Чили, Турции и других странах, жертвами которых стали сотни тысяч людей. Апрельское (2010 г.) извержение вулкана в Норвегии на десять дней парализовало авиационное сообщение по всей Европе, нанеся экономический ущерб в десятки миллиардов Евро. Примерно в то же самое время в Мексиканском заливе произошла крупнейшая за последние годы техногенная катастрофа, которую с полным основанием называют "нефтяным Чернобылем", ущерб от которой исчисляется многими миллиардами долларов, не говоря уже о невозполнимых экологических потерях. Майские трагедии на угольных шахтах России и Китая, унёсшие жизни сотен людей, пополнили «печальный список рукотворных бедствий». По статистике ООН в 2008 году в мире имели место 137 природных и 174 техногенных катастроф, унёсших около четверти мил-

лиона человеческих жизней. В 2009 году экономический ущерб в одном только Китае от стихийных бедствий превысил 27 млрд. долларов.

В 2007 году НИИ КС имени А.А. Максимова – филиал крупнейшего космического холдинга России – Государственного космического научно-производственного центра им. М.В. Хруничева выдвинул идею создания МАКСМ, что стало результатом более, чем десятилетних разработок эффективных, системных технологий космического мониторинга, в первую очередь – в рамках МФКС. Согласно замысла разработчиков МАКСМ призвана стать крупной организационно-технической структурой, интегрирующей в своём составе, наряду с собственным специализированным космическим сегментом – группировкой малых и микро спутников с самой современной аппаратурой обнаружения ранних признаков стихийных бедствий, наземные и авиационные средства мониторинга, космические системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), связи и ретрансляции, метеорологического и навигационного обеспечения (либо их информационные и организационно-технические ресурсы), вместе с соответствующей инфраструктурой. Система будет создаваться с целью своевременного предупреждения мирового сообщества о грозящих стихийных бедствиях и чрезвычайных ситуациях техногенного характера, обеспечения эффективной ликвидации их последствий, дальнейшего развития и интеграции навигационно-телекоммуникационных и информационных ресурсов планеты в интересах парирования глобальных угроз и решения гуманитарных проблем Человечества.

Проект МАКСМ не является альтернативой тем усилиям, которые предпринимаются сегодня мировым сообществом в области мониторинга стихийных бедствий и катастроф. В его рамках предполагается использовать целевые возможности и организационный потенциал всех известных международных, региональных и национальных проектов в области ДЗЗ и предотвращения катастроф, таких как программа НАСА «Система наблюдения Земли» (Earth Observation System – EOS), программа СПАЙДЕР-ООН, «Глобальная система систем наблюдения Земли» (GEOSS), «Европейская система глобального мониторинга окружающей среды и безопасности» (GMES), «Система мониторинга стихийных бедствий в Азиатско-Тихоокеанском регионе» (Sentinel Asia), «Международная хартия по космосу и крупным катастрофам» (Disaster Charter), «Система мониторинга природных и техногенных катастроф «Ионосат» (Украина) и др. В конечном итоге, будет обеспечен своевременный сбор, обработка и формирование достоверной информации предупреждения о потенциально опасных событиях, в целях своевременного принятия отдельными странами и мировым сообществом мер по предотвращению или ослаблению их последствий.

За три с лишним года идея МАКСМ прошла путь от концептуальной постановки, которая докладывалась на целом ряде международных научных форумов по космической тематике, которые проходили в Днепропетровске, (Украина) в 2007 и 2009 гг.; Москве и Королёве (Россия), а также в Тунисе (Тунис) и Шанхае (Китай) в 2008 г.; Версале (Франция), 2009 г. и наконец, в Риме (Италия), Хайфе (Израиль), Бонне (Германия) в 2010 г. до

полномасштабного международного Проекта, курируемого Международной академией астронавтики (МАА), отмечающей осенью нынешнего года своё 50 летие. Проект МАКСМ был впервые официально одобрен участниками Первого международного специализированного симпозиума «Космос и безопасность человечества», который прошёл 2-4 ноября 2009 года в городе Лимассол, Республика Кипр. Этот представительный научный форум стал важным этапом практического продвижения этой инициативы, которая получила одобрение известных учёных и профильных специалистов ведущих космических держав, включая четырёх руководителей национальных космических агентств. Информационное и организационное содействие в популяризации проекта МАКСМ оказывают Федеральное космическое агентство России, и Международная ассоциация «Знание», имеющая генеральный консультативный статус в ЭКОСОС, ЮНИДО и Департаменте общественной информации ООН. С политической поддержкой проекта выступает и МИД России в рамках российской внешнеполитической линии, направленной на содействие развитию международного сотрудничества в мирном освоении космоса для обеспечения глобальной безопасности и устойчивого развития.

На уровне Объединённых наций Проект МАКСМ был официально представлен на 47 сессии Научно-технического подкомитета Комитета ООН по использованию космоса в мирных целях, проходившей 8-19 февраля 2010 года в Вене (документ ООН А/АС.105/958 от 11.03.2010). В ходе сессии и трёх последовавших за ней международных форумов, был достигнут ряд конкретных позитивных результатов по привлечению внимания к проекту МАКСМ со стороны мирового сообщества, исходя из перспектив налаживания сотрудничества в рамках его реализации под эгидой ООН и её заинтересованных институтов. Эти перспективы выразились, в частности, в подготовке и подписании пяти меморандумов о взаимопонимании, проведении многочисленных встреч и консультаций с руководством «ЮН-ООСА», «ГЕОСС», «ИСПРС», а также присутствовавшими на сессии профильными специалистами из 30 стран всех континентов.

МФКС может использоваться также в интересах обеспечения информационной безопасности – как инструментарий ведения информационной борьбы (во всём спектре возможных подходов), а также для дистанционного обучения, целевого информирования и патриотического воспитания граждан Союзного государства.

Использованию Многофункциональной космической системы союзного государства в интересах реализации перечисленных аспектов безопасности существуют объективные предпосылки, среди которых:

– задачи, связанные с обеспечением контроля чрезвычайных ситуаций практически полностью совпадают с требованиями к задачам наблюдения ТВД как по составу и разрешающей способности целевой аппаратуры, так и по оперативности доставки информации потребителю, а в части оперативности развертывания орбитальной группировки МКА - даже превосходят требования военных задач;

– метеорологическое обеспечение необходимо как народному хозяйству, так и министерству обороны, а требующаяся в последнем случае повышенная периодичность обновления информации может быть достигнута за счет наращивания количества МКА в орбитальной группировке;

– задачи экологического мониторинга и исследования природных ресурсов Земли отличаются только удельным весом спектрометрической аппаратуры в составе бортового целевого аппаратного комплекса, что, при использовании перспективных видео-спектрометров с высоким (до единиц нм) спектральным разрешением, открывает возможность решения этих задач с помощью МКА одного типа;

– использование развитых вычислительных систем на борту МКА и на наземных пунктах приёма-передачи информации, при наличии калибровки и юстировки в полете, будучи дополнено соответствующей аппаратурой для координатной привязки изображений, может обеспечить задачи тематического картирования Земли, наряду с топографическим картированием.

Для решения столь обширного спектра задач к настоящему времени активно создается необходимый технический и технологический задел. Уже при существующем уровне развития техники и технологий могут быть реализованы технические решения, обеспечивающие возможность создания космических аппаратов с требуемым уровнем решения прикладных задач в интересах обороны и безопасности. Практическая реализуемость уже полученных технических решений подтверждена «Протоколом о намерениях по результатам совместного совещания представителей НИИ КС им. А.А.Максимова, Управления заказов и поставок КСВ и РКО Минобороны РФ, 4 ЦНИИ и 162 ЦВТИ МО РФ от 7 мая 2008 года», а также Заключением в/ч 54023 на «Проект ТЗ на создание микроспутника ДЗЗ (шифр «Микрон») от 4 июня 2008 года, в которых НИИ КС рекомендовано «рассмотреть возможные направления использования полученных результатов по созданию микроспутников нового поколения в интересах решения задач Минобороны РФ» и одновременно продолжить работы в данном направлении «распространив проект ТЗ на этап эскизного проектирования, по результатам которого рассмотреть возможность создания космических комплексов с использованием микроспутников в рамках гособоронзаказа».

Таким образом, рассматривая перспективы развития МФКС можно отметить, что формирование в космосе единого информационного пространства с постоянной актуализацией получаемых данных, оперативное проведение натурных военно-космических экспериментов и решение других прикладных задач в интересах национальной и региональной безопасности возможно лишь с использованием космических систем на базе микро-, а в перспективе наноспутников, что существенно сокращает затраты на разработку, производство и развертывание космических систем за счет внедрения новых технологий и перехода к средствам доставки лёгкого класса.

СИНТЕЗ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОТ ДУГОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ УЗДЗ (AFCI)

Монаков В.К., к.т.н, доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

В последние годы электротехника пополнилась новым классом коммутационных приборов – устройствами защиты от дуговых замыканий (УЗДЗ – в практике Соединенных штатов – AFCI).

Основная идея новых устройств заключается в мониторинге процессов в контролируемой цепи и выделении сигналов, свидетельствующих о загорании в электроустановке электрической дуги (параллельной или последовательной) и отключении питания. Если на загорание параллельной дуги при достаточно большом значении тока реагируют устройства защиты от сверхтоков (автоматический выключатель или плавкая вставка), то при горении последовательной дуги ток увеличивается незначительно и защитное устройство воспринимает данное событие как увеличение нагрузки, в то время как горение дуги сопровождается высокой температурой и выделением большого количества тепла, что может явиться причиной возгораний и пожаров.

Известен ряд патентов на УЗДЗ США и РФ [1–3]. В США проблема предотвращения пожаров стоит довольно остро (более 40000 пожаров), по этой причине электротехнические нормы NEC 2008 в соответствии с нормами лаборатории UL1699 [4] году выпустили предписание об обязательном применении УЗДЗ в бытовых электроустановках. Ряд фирм представил на рынок несколько типов этих устройств – EATON (BR120AF), MURRAY (MP-AT) и SIEMENS (Q115AFP).

В Европе устройства данного типа пока не получили распространения, хотя в 2011 году вышел в свет проект стандарта на данные устройства данные устройства [5].

Основная опасность, возникающая при загорании дуги и искрении, заключается в нагревании проводников и соприкасающихся с ними материалов, что приводит к возгоранию.

Предлагается вариант решения задачи распознавания наличия искрения/дуги в электроустановке. На основе общего представления о коммутации строится модель и вводится ключевое понятие нестационарного коммутационного процесса (НКП). Предлагается способ выделения сигналов, характерных для НКП, из суммарных электрических сигналов электроустановки – тока нагрузки и напряжения на нагрузке (на линии).

Потребители (нагрузка) в электроустановке представляют собой совокупность электроприборов (блоков), включённых параллельно друг другу. Из этого следует, что мгновенное напряжение одинаково для каждого блока и равно напряжению на линии $u(t)$. Если в электроустановке имеется

источник искрения дуги, то он окажется включённым последовательно с одним несколькими блоками нагрузки. Можно сгруппировать блоки по способу подключения к разряду: пусть блоки $1, \dots, m$ включены последовательно с ним, а блоки $(m+1), \dots, n$ – параллельно, тогда ток нагрузки также

распадётся на два слагаемых: $i(t) = \sum_{k=1}^m i_k(t) + \sum_{l=m+1}^n i_l(t) = i_{\text{сиг}}(t) + i_{\text{фон}}(t)$. Если

обозначить последние слагаемые в формуле соответственно сигнальной и фоновой составляющей (по условиям рассматриваемой задачи ток, проходящий через разряд, несёт полезную информацию), а ток, минуящий разряд, является помехой, или фоном. Очевидно, следует объединить блоки $1, \dots, m$ в блок сигнальной нагрузки (БСН), а блоки $(m+1), \dots, n$ – в блок фоновой нагрузки (БФН). Разряд следует назвать генератором искрения (ГИ). На рисунке 3 изображена описанная структурная схема контролируемой электроустановки.

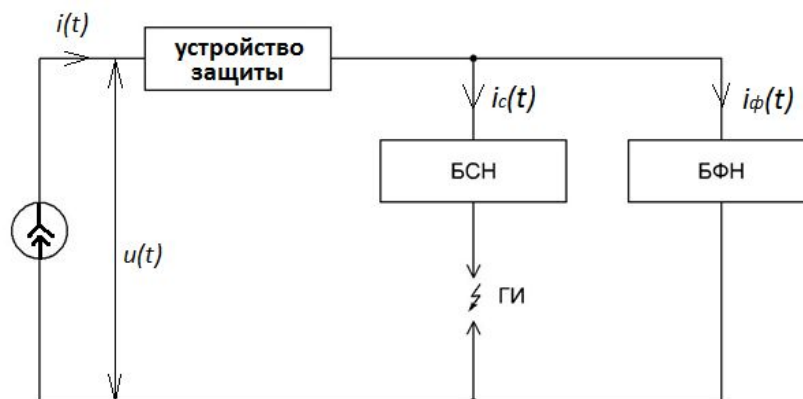


Рис. 1 Структурная схема электроустановки с разрядом

Уравнение теплового режима. В описанном выше случае процесс искрения дуги протекает, как правило, в ограниченном объёме, т.е. локализован в пространстве. Следовательно, источник тепла также локализован и его можно считать точечным. Пусть источник тепла локализован в малом объёме V , T – температура объёма V , U – его внутренняя энергия. Находящийся в объёме V источник тепла увеличивает внутреннюю энергию

объёма на $dU = dQ$, что влечёт приращение температуры $dT = \frac{dQ}{cm}$. Тепло-

та dQ есть рассеиваемая в объёме электрическая энергия: $dQ = dW = Pdt$. Поскольку объём V связан с окружающей средой (система диссипативная), то неравновесное тепло будет рассеиваться, вызывая остывание объёма (в простейшей модели – по экспоненциальному закону).

Выразим температуру объёма в момент времени $t + dt$ через температуру в момент t (считая без ограничения общности, что равновесная температура равна 0):

$$T(t + dt) = T(t)e^{-\alpha dt} + \delta T, \quad (1)$$

$$\text{где } \delta T = \frac{dQ}{cm} = \frac{P_{\text{сиг}} dt}{cm}.$$

Тогда $dT = T(e^{-\alpha dt} - 1) + \frac{P_{сиз}}{cm} dt$, а поскольку $e^{-\alpha dt} = 1 - \alpha dt + o(dt)$ по базе $dt \rightarrow 0$, то $dT = T(-\alpha dt + o(dt)) + \frac{P_{сиз}}{cm} dt$, $\frac{dT}{dt} = T(-\alpha + o(1)) + \frac{P_{сиз}}{cm}$. После перехода к пределу по базе $dt \rightarrow 0$, окончательно можно получить

$$\frac{dT}{dt}(t) = -\alpha T(t) + \frac{P_{сиз}(t)}{cm} \quad (2)$$

– линейное неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка. Это уравнение теплового режима объёма, в котором происходит искрение/дуговой разряд. По сути, оно является уравнением теплопроводности (теплопереноса) в некоторой интегральной форме. Мощность (источника тепла) $P_{сиз}(t)$ следует считать воздействием, а температуру $T(t)$ – реакцией тепловой системы. Стохастическая модель. Существенными характеристиками процесса разряда являются интенсивность (средняя энергия коммутаций за единицу промежутка времени, т.е. средняя мощность коммутаций) и стационарность (постоянство вероятностных свойств во времени). Целесообразно выделить несколько видов процессов коммутации:

- Процесс малой интенсивности (стационарный или нестационарный); (включение/выключение оператором и/или исполнительными механизмами систем защиты различных электроприборов и т.д.)
- Стационарный процесс большой интенсивности; (работа коллекторных электродвигателей, импульсных источников питания и т.д.)
- Нестационарный процесс большой интенсивности; (искрение в соединителях, кабелях и т.д.)

Таким образом, возникает потребность в разработке защиты электроустановок от нестационарного коммутационного процесса (НКП).

Сопротивление разряда (источника НКП) есть случайный процесс $R_{раз}(t, \omega)$. Он индуцирует случайные процессы $i_{сиз}(t, \omega)$ и $P_{сиз}(t, \omega)$:

$$i_{сиз}(t, \omega) = \frac{u(t, \omega)}{R_{раз}(t, \omega)}, \quad (3)$$

$$P_{сиз}(t, \omega) = (i_{сиз}^2 \cdot R_{раз})(t, \omega) = (i_{сиз} \cdot u)(t, \omega). \quad (4)$$

ЭДС, создаваемая источником электрической энергии, как правило, обладает свойством периодичности или хотя бы стационарности (постоянная, синусоидальная, периодическая, медленно меняющаяся и т.д.). Сопротивление большинства электрических нагрузок в рабочем режиме достаточно регулярно (линейное, нелинейное, периодически меняющееся и т.д.). Из этих двух фактов следует, что в рабочем режиме работы ток нагрузки (случайный процесс $i_{фон}$) обладает свойством периодичности или стационарности, в отличие от тока разряда $i_{сиз}$. Тогда этими свойствами обладает и мощность $P = i \cdot u = (i_{сиз} + i_{фон}) \cdot u = i_{сиз} \cdot u + i_{фон} \cdot u = P_{сиз} + P_{фон}$.

Синтез распознающей системы. Контролируемой величиной является усреднённая по объёму источника НКП температура, а уставкой – например, температура возгорания изоляции, контактирующей с разрядом. Температуру можно вычислить с помощью уравнения (2), зная теплофизические параметры и мощность, которую, в свою очередь, можно найти из уравнения (4), зная ток и напряжение. Поэтому нужно ввести блок, интегрирующий уравнение (2), к входу которого подключить блок, вычисляющий мощность (интенсивность) НКП (блок дискриминации). Блок дискриминации выделяет нестационарный процесс потребляемой мощности $P_{сиг}$ из суммарной мощности $P = P_{сиг} + P_{фон}$. Из (1) следует, что интегрирующим блоком должен быть интегрирующий фильтр с передаточной функцией $e^{-\alpha t}$. Оценкой мощности (интенсивности) НКП служит аperiодическая компонента мощности, которая оценивается как поточечная разность двух соседних фрагментов осциллограммы мощности $P(t)$. Интегрируя эту оценку по фрагменту T , получаем оценку энергии, рассеянной на разряднике за время T :

$$W_{раз}(t) = \int_{t-T}^t |P(\theta) - P(\theta - T)| d\theta = \int_{t-T}^t |(u \cdot i)(\theta) - (u \cdot i)(\theta - T)| d\theta. \quad (5)$$

Для ослабления влияния помех, порождаемых переходными процессами в электроустановке и способных вызвать ложное срабатывание устройства защиты, требуется ввести фильтр высоких частот и амплитудный дискриминатор полосового типа, предшествующие интегрирующему фильтру.

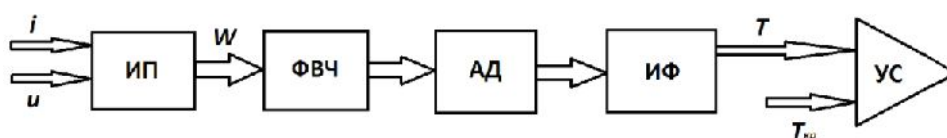


Рис. 2 Структурная схема распознающей системы: БД – блок дискриминации, ФВЧ – фильтр высоких частот, АД – амплитудный дискриминатор, ИФ – интегрирующий фильтр, УС – устройство сравнения.

Библиографический список

1. Andy A. Haun, Robert F. Dvorak, Brett E. Larsen, «Arc Fault Protection Device», патент США № 6567250, май 20, 2003.
2. Bruce F. Macbeth, Tab Cox, «Upsrteam/Downstream Arc Fault discriminator», патент США № 6987389 Jan. 17, 2006.
3. Монаков В.К., Минченко А.В., Козырев А.А. Патент №117686 на полезную модель «Устройство защиты электроустановок с функцией детектирования аварийной электрической дуги».
4. UL 1699 «Arc-Fault Circuit-Interrupters», NFPA 70, the National Electrical Code (NEC), Section 210-12.
5. DIN IEC 62606 (VDE 0665-10): 2012-02 «General requirements for arc fault detection devices»

УСТРОЙСТВО ДИАГНОСТИКИ ПРЕДАВАРИЙНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

*Розанов В.С., к.т.н., доцент, Душкин Н.Д., ст. преподаватель,
Листопад И.И., аспирант МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Надежность и безопасность работы сетей электроснабжения и оборудования зависит в первую очередь от качества электрической изоляции, обеспечение которого на высоком уровне возможно только при наличии функции непрерывного контроля качества изоляции. Широко используемые устройства защитного отключения (УЗО) обеспечивают защиту от токов утечки в электрических сетях, превышающих порог срабатывания. Эти устройства работают по принципу «да-нет» и не предоставляют информацию о причинах отключений (адекватного или ложного), а также не позволяют получать информацию о работе сети в режиме близком к отключению (предавариийном режиме).

Исследования электрических сетей показали, что в них всегда имеют место токи утечки на землю и состоят они из двух составляющих: токи утечки через емкостную и активную проводимости изоляции проводов, зависящие от длины электрической линии и качества используемых кабелей и диэлектриков; токи утечки в оборудовании, подключаемом к данной сети, зависящие от количества и качества электрооборудования. Обе составляющих токов утечки носят наименование «фоновых» и увеличиваются со временем в процессе эксплуатации [1].

«Фоновые» токи утечки нормируются в Правилах устройства электроустановок 7-го издания (ПУЭ) [2]. Эти нормы предназначены для выбора параметров защитных устройств в электроустановках.

Как известно, УЗО разделяются на два класса: функционально независимые («механические») и зависящие («электронные») от напряжения сети. Одним из важных технических параметров, характеризующих УЗО обоих классов, является порог срабатывания (уставка). Каждое УЗО изготавливается на свой порог срабатывания, выбираемый из стандартного ряда. Таким образом, каждое УЗО имеет два состояния: включено или отключено. Если «фоновый» ток утечки в процессе эксплуатации электроустановки находится вблизи порога срабатывания, то возможны нежелательные (ложные) срабатывания и отключения нагрузки. Причем, число этих ложных отключений может быть достаточно большим еще и из-за того, что в стандарте на УЗО диапазон срабатывания задан в пределах от номинального отключающего тока, указанного в маркировке, до его половинного значения. Т.е. стандартным значением неотключающего дифференциального тока является $0,5I_{\Delta n}$, а диапазон срабатывания УЗО может быть равен $(0,5-1)I_{\Delta n}$. Этот параметр закреплен в стандартах на изделия [3, 4], что приводит к ошибкам при выборе порога срабатывания УЗО.

Указанное требование стандарта вполне справедливо для УЗО, функционально независимых от напряжения сети [3], поскольку весьма проблематично сохранить точный порог срабатывания для механического узла в течение длительного срока эксплуатации. Поэтому все производители УЗО поступают следующим образом: например, при номинальном отключающем дифференциальном токе 30мА, порог срабатывания устройства настраивают на 22-23мА, т.е. на середину допустимого диапазона. Таким образом, с погрешностью срабатывания $\pm 50\%$ механические УЗО выполняют свои защитные функции в течение всего срока эксплуатации, но, при этом, могут приводить к нежелательным отключениям электрооборудования.

В отличие от механических УЗО электронные, изготовленные на основе специализированных интегральных микросхем, в соответствии с требованиями своего стандарта [4], имеют стабильный порог срабатывания, остающийся практически неизменным в течение всего срока службы. Одним из решений проблемы ложных отключений оборудования электронными УЗО может быть, предлагаемое авторами внесение изменения в данный стандарт в части уменьшения допустимого диапазона срабатывания УЗО. При этом п.5.3.4 следует изложить в следующей редакции: «Стандартным значением номинального неотключающего дифференциального тока является $0,9I_{\Delta n}$ ». Если рассмотреть приведенный выше пример уже с учетом предлагаемого изменения в стандарте, то для УЗО с уставкой в 30мА, диапазон срабатывания будет 27-30мА, что позволит частично решить проблему ложных отключений. В этом случае УЗО уже не будет срабатывать при токах утечки в диапазоне от 15 до 27мА.

Недостатками электронных УЗО по сравнению с механическими являются их низкая помехоустойчивость и неработоспособность при обрыве нуля. Несмотря на многочисленные решения специализированных интегральных микросхем, проблема ложных срабатываний так и не решена вследствие низкого качества электроэнергии в системе электроснабжения (большие значения коэффициента гармоник в сети и наличие перенапряжений). Это приводит к отказам работы электронных УЗО.

Для повышения надежности и снижения числа нежелательных срабатываний механических УЗО авторами предлагается решение, связанное с введением в функционал работы устройства блока предаварийной сигнализации (индикации) о значении тока утечки, равном $1/3I_{\Delta n}$. Данное значение приводится в ПУЭ [2], и служит рекомендацией для замены установленного УЗО на другое с более высоким порогом срабатывания во избежание ложных срабатываний. Новый блок в составе УЗО обеспечит непрерывный контроль «фоновых» токов утечки и просигнализирует о его возрастании до заданного предаварийного значения, что, в свою очередь, позволит предотвратить нежелательные отключения электропитания. Для решения поставленной задачи предлагаются два варианта конструкций, каждый из которых включает отдельную механическую схему защитного исполнительного элемента и отдельную электронную схему предаварийной сигнализации.

На рис.1 представлен вариант функциональной схемы УЗО с предаварийной сигнализацией и совмещенной вторичной обмоткой. В этом варианте технического решения УЗО содержит дифференциальный трансформатор тока 1, блок сравнения 2, исполнительный элемент 3 и индикатор состояния 4. Дифференциальный трансформатор тока 1 содержит первичные обмотки по числу питающих проводов электрической сети и одну вторичную обмотку 5, к которой подключены исполнительный элемент 3, связанный с контактной группой 6. К управляющему выходу блока сравнения 2 подключен вход индикатора состояния 4, а вводы питания блока 2 подключены к выводам одного из фазных проводов и нулевого провода сети.

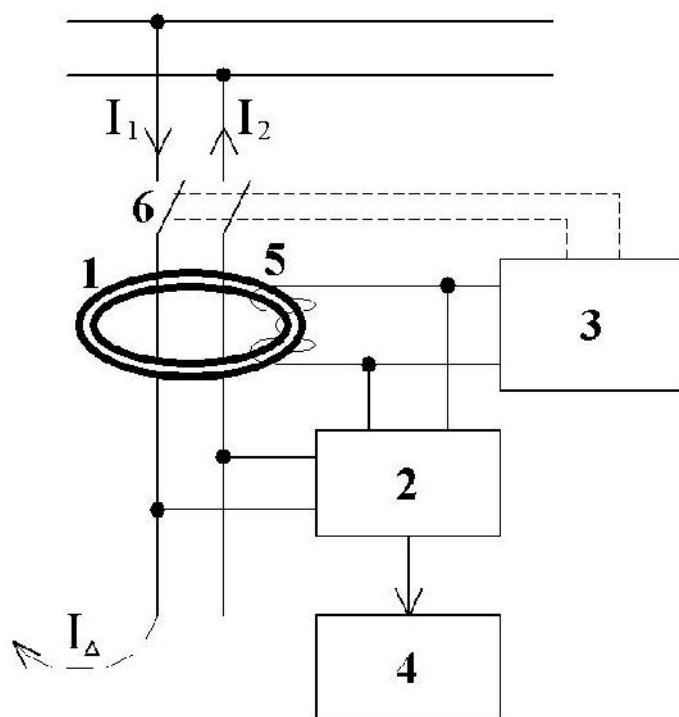


Рис. 1 Функциональная схема УЗО с предаварийной сигнализацией и совмещенной вторичной обмоткой.

Устройство работает по принципу контроля дифференциального тока (утечки) на землю I_{Δ} . При возникновении этого тока появляется разность между током I_1 , входящим в нагрузку из сети и током I_2 , выходящим из нагрузки в сеть. Разностный ток образуется в случае прикосновения человека к токоведущей части или в случае снижения качества изоляции. В качестве датчика, выделяющего указанную разность токов, используют дифференциальный трансформатор тока 1 с вторичной обмоткой 5. При возникновении дифференциального тока в сети он подается на блок сравнения 2. При достижении дифференциальным током значения $1/3I_{\Delta n}$, установленного нормативными документами [2], блок 2 передает через управляющий выход сигнал на вход индикатора состояния 4. Индикатор 4 меняет цвет сигнала. Например, зеленый используется для сигнализации о нормальном режиме работы, красный – для сигнализации о достижении дифференциаль-

ным током значения близкого к $1/3I_{\Delta n}$. Кроме того, предусмотрена возможность подключения внешнего индикатора состояния устройства защитного отключения, через контактную группу, дополнительно выведенную из блока сравнения 2. Индикация продолжается до устранения дефекта изоляции сети.

В случае продолжения увеличения значения контролируемого дифференциального тока и достижения им тока порога срабатывания исполнительного элемента происходит отключение контактной группы. Надежность УЗО обеспечивается независимой работой исполнительного элемента от внешнего питания и блока индикации.

Во втором варианте технического решения повышение надежности работы УЗО достигается за счет расширения диапазона измерения дифференциального тока и гальванической развязки цепей исполнительного элемента и блока индикации. На рис. 2 представлена функциональная схема УЗО с отдельными вторичными обмотками.

В данном случае УЗО включает в себя дифференциальный трансформатор тока 1, вторичную обмотку 5, к которой подключен исполнительный элемент 3, связанный с контактной группой 6. Водится дополнительная вторичная обмотка 9, к которой подключен блок сравнения 2, а к управляющему выходу блока сравнения 2 подключен вход индикатора 4. Работает устройство аналогично первому варианту.

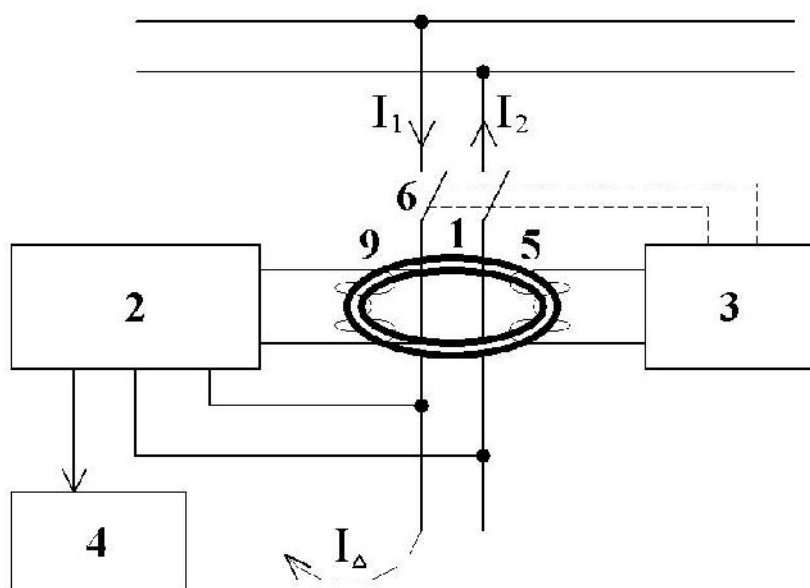


Рис. 2 Функциональная схема УЗО с предаварийной сигнализацией и отдельными вторичными обмотками

На рассмотренное выше техническое решение авторами подана заявка «Устройство защитного отключения» в ФИПС и получено Решение о выдаче патента на полезную модель RU 2012137157 от 31.08.12.

Библиографический список

1. Душкин Н.Д., Листопад И.И., Розанов В.С., Трубицын А.В. Контроль и ограничение токов утечки в электроустановках зданий. Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады X всероссийской научн.-техн. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. - Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2011. – 276 с.
2. Правила устройства электроустановок (7-е изд.), Москва, 2009, 696 с.
3. ГОСТ Р 51326.1-99 (МЭК 61008-1-96). Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков. Часть 1. Общие требования и методы испытаний
4. ГОСТ Р 51327.1-99 (МЭК 61009-1-96). Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защитой от сверхтоков. Часть 1. Общие требования и методы испытаний.

УДК: 621.316.9.064.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОЛНИЕОТВОДОВ

Рябов Ю.Г., Ермаков К.В., Тюренков С.Н.

Введение

Аварии и катастрофы на объектах нефтегазовых, оборонных, энергетических и др. отраслях промышленности РФ, обусловленные прямыми МР, сопровождаются миллиардами рублей затрат на ликвидацию взрывов, пожаров и восстановление их последствий, не считая сотен человеческих жертв и пострадавших. Причиной этому является консервативные регламенты МЗ, компилирующие еще «Франклиновскую»- двухсотлетней давности систему МЗ, действующую по принципу «вызываю огонь на себя». Существующие регламенты декларированы в основном только для энергетической отрасли, где искроопасность в 1000-10000 раз ниже, чем в нефтегазовых, радиоэлектронных, оборонных и др. ОТС, и только для ОТС высотой до 60-ти метров [1-6].

Открытые ТОТ являются источниками: поражения людей, находящегося вблизи него в момент грозы, отказов радиоэлектронных средств (РЭС), взрывов, пожаров горючих и взрывоопасных веществ и т.п. Такие ситуации являются последствиями воздействий индукций и излучений электромагнитного поля (ЭМП), генерируемых расположенными рядом ТОТ в моменты МР. Считаем, что до 30 % деструктивных поражений МР ОТС с последствиями вызывают именно токоотводы.

В отличие от нормативной системы МЗ, провоцирующей прямые МР, известны альтернативные молниеприемники (МП), блокирующие развитие прямых МР в ОТС:

- ионизационного типа системы DAS (патент США) (40-ка летний опыт применения) [2];

- конусно-купольного типа. Патент РФ на изобретение №2456727 от 20.07.2012 г. «Способ молниезащиты и устройство для его реализации». Авторы: Рябов Ю.Г., Тюренок С.Н.[3]. Известны новые подходы к системе МЗ путем применения[1-4]:

- конкурирующих молниеприемников (МП), как на Эйфелевой башне в Париже . См. рис.1 ;

- коаксиальные безыскровые токоотводы;

- безыскровые коронирующие заземлители, эффективность которых более чем в 10-ть раз превышает эффективность нормированных заземлителей, применяемых для МЗ. Патент РФ на изобретение №2462802 от 27.09.2012 г. «Безыскровой заземлитель». Авторы: Рябов Ю.Г., Ермаков К.В.;

- метода инструментальной диагностики потенциальной угрозы прямых МР путем газоразрядной визуализации (ГРВ) и регистрации эмиссии восходящих ионизированных каналов с окружающих ОТС.

- деревьев-ловушек в качестве естественных средств МЗ, например, для применения в ОТС: сельских, площадных, оборонных, в лесных угодьях для защиты от МР сухих гроз и т.д.

Анализ процессов в токоотводе при воздействии МР

Система ТОТ ОТС должна обеспечивать безопасный отвод тока МР из системы МП в заземляющую систему кратчайшим путем. Нормативная документация (НД) [6] регламентирует только общие условия применения открытых токоотводов, прокладываемых по стенам зданий, либо использование естественных ТОТ.

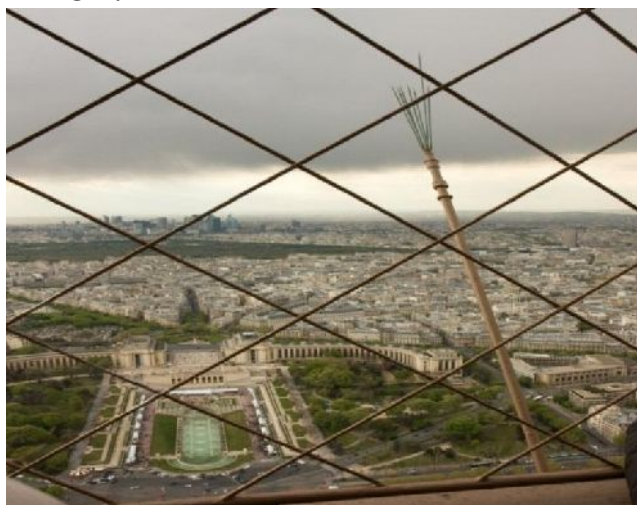


Рис. 1 Конкурирующий молниеприемник на Эйфелевой башне (г.Париж).

Однако, все известные рекомендации по устройству конструкции открытых ТОТ даже в зарубежной НД по МЗ выполнены с учетом только его активного сопротивления, не рассматривая ТОТ как линию передачи с сосредоточенными параметрами. Ведь даже на низких частотах индуктивное сопротивление любого проводника превышает его сопротивление постоянному току.

Удар МР в МП необходимо рассматривать как случай перехода волны тока (напряжения) из цепи канала молнии с одним волновым сопротивлением (200 Ом) в линию вертикального молниеотвода и цепь заземлителя с другими волновыми сопротивлениями. Поэтому необходимо:

- согласование волновых сопротивлений Z_v ;
- учет эффектов резонансных явлений;
- анализа и учета критериев опасности процессов возбуждения высоких напряжений и тока в линии: линейного (оцениваемого телеграфными уравнениями), коронного разряда (КР), автоэлектронной эмиссии (АЭЭ) и др. режимов;
- использование конструкций линий с низким волновым сопротивлением, в том числе экранированных искробезопасных коаксиальных линий;
- выбора формы конструкции ОТС и проводников линии ТОТ по критериям: кривизны поверхности (эквипотенциальности), работы выхода электронов W_v , экранирования, применения изолирующего диэлектрика, покрытий и т.д., обеспечивающим высокий уровень напряжения КР и АЭЭ.

Известно, что около поверхности проводника, заключенного в диэлектрик, напряженность электрического поля (ЭП) в воздухе меньше, чем при той же плотности зарядов на поверхности такого же, но не изолированного проводника. Рассмотрим ТОТ как однопроводную линию передачи для редкой последовательности высоковольтных импульсов, содержащих наносекундные составляющие [8]. Представим ТОТ в виде вертикальной линии передачи, верхний конец которой нагружен на ее волновое сопротивление Z_v , а нижний конец закорочен на землю. Линия взаимодействует с вертикальной составляющей напряженности ЭП приземной атмосферы во время грозы и электромагнитной волной лидера МР. Прорастающий (с ускорением) восходящий канал (проводящий) увеличивает эквивалентную длину проводника ТОТ, что вызывает повышение индукции и излучений ЭМП (ЭМИ) в поперечном направлении. Возникают искровые пробои.

Эти разряды ограничивают амплитуду импульсов вверху ТОТ до 300-350 кВ и обостряют передние фронты импульсов до единиц – десятка наносекунд. Волна тока этих импульсов устремляется к заземлителю. Отражаясь от закороченного конца линии, волна меняет знак и направляется к открытому концу МП. Этот известный переходный процесс отражения па-

дающей волны от короткозамкнутой длинной линии имеет ряд физических особенностей.

Волна тока и напряжения, распространяясь по линии сверху, постепенно заряжает линию энергией, запаасаемой в распределенных элементах ТОТ: емкости, индуктивности, механических пружин и т.д. [1]. Поэтому при движении волны сверху линия ТОТ ведет себя как активное сопротивление, равное волновому сопротивлению $Z_{\text{в}}$, независимо от длины линии ($l_{\text{л}} = h$) и условий нагрузки на конце. Процесс распространения волны МР усиливает заряженность распределенных параметров линии. До этого линия заряжалась токами смещения восходящих зарядов, вызванных напряжением $U_{\text{м}} = E_{\text{м}} \cdot h$ на МП, относительно напряженности ЭП окружающего пространства, где $E_{\text{м}} = 5\text{-}20(30)\text{кВ/м}$ - напряженность ЭП в момент грозы.

Поэтому, разряжаясь, распределенные элементы линии будут поддерживать спадающий ток МР, создавая на МП обратную полярность потенциала (и соответственно коронирующего объемного заряда). Последующий стреловидный лидер МР, двигаясь в направлении молниеотвода ОТС по проложенному плазменному каналу, влетая в тормозное поле объемного заряда обратного знака, изменяет траекторию своего движения. Молниеотвод “затыкается”. Отраженный от молниеотвода лидер «притягивается» к ближнему «благоприятному» по знаку заряда и уровню напряженности ЭП месту. Таким местом может оказаться защищаемый объект, например, резервуар с ЛВЖ, склад ВВ или боковая поверхность и подножье высокого сооружения, TV башни, здания, или ближайшего дерева [1-4].

На поверхности земли фронт волны прямого и близкого МР достигает $t_{\text{ф}} \approx 0,2$ мкс [8]. Тогда электрическая длина линии составит $l = t_{\text{ф}} \cdot c/2 = 30$ м, т.е. когда начинаются резонансные явления, где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме (воздухе).

При распространении по однопроводной линии и отражении волна напряжения МР искажается и затухает согласно переходным процессам, описываемыми линейными уравнениями. Но, при достижении амплитуды напряжения или скорости нарастания (du/dt) выше некоторой критической величины, на поверхности проводника ТОТ возникает тлеющий разряд, переходящий в коронный разряд (КР).

КР обусловлен эмиссией электронов, преодолевших потенциальный барьер Ферми на границе поверхности металла – энергию работы выхода $W_{\text{в}} = e \cdot U_{\text{а}}(\text{эВ})$. Один электрон-вольт – это энергия, которую приобретает элементарный заряд e , проходя в электрическом поле разность потенциалов $U_{\text{а}} = 1$ В. $1 \text{ эВ} = 1,6021 \cdot 10^{-19}$ Дж. Существенный признак КР состоит в том, что вызываемый им процесс ионизации окружающего воздуха ограничен областью непосредственно вблизи криволинейной поверхности проводника, находящимся под высоким напряжением.

Для чистого металла – медь $W_{\text{в}} \approx 3,5$ эВ. Для загрязненной поверхности – до 5 эВ. Кривизна проводника определяется его диаметром $d = 2 \times r_0$. Для

проводника диаметром $d = 6$ мм (в нашем случае) $U_{кр} \approx 40$ кВ (См. [9] табл.5.2). В проведенных исследованиях «компрессии зарядов» в однопроводной линии, выполненной проводом также диаметром $d = 6$ мм, отмечается скачек тока при превышении амплитуды напряжения около 30 кВ [10]. Там же, ссылаясь на работы Н.Тесла, приводится $U_{кр} = 30$ кВ для подобного диаметра проводника длинной линии. Поэтому КР в линии ТОТ всегда будет возникать (т.к. ожидаемое $U_{кр}$ будет больше 300 кВ) и создавать ионизированную оболочку воздуха вокруг проводника (чехол короны).

Скачкообразное возбуждение ионизированного (плазменного) чехла вокруг проводника вызывает, по крайней мере, (подтвержденные экспериментально) несколько эффектов [10]:

1. Увеличивается емкость C_0 линии передачи за счет повышения эквивалентного диаметра d_3 линии ионизированным чехлом и повышением относительной диэлектрической проницаемости среды чехла. Причем, с повышением частоты волны (крутизны фронта), передаваемой по плазменной оболочке, E_r увеличивается пропорционально повышению du/dt .

2. Увеличение C_0 (пропорционально $\ln 1/d_3$ и E_r) скачком снижает волновое сопротивление линии $Z_b = \sqrt{(L_n/C_n + \Delta C_0)}$ до значений десятка Ом, что вызывает дополнительное увеличение тока МР, протекающего через ТОТ. Данный эффект подтвержден экспериментально [10].

3. В веществе скорость волны имеет меньшую величину, чем в вакууме (воздухе) $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, и кроме того зависит от частоты (дисперсия). Поэтому в однопроводной длинной линии с чехлом высоковольтный импульс распространяется со скоростью близкой к скорости света c и практически без снижения крутизны переднего фронта. Приведены опытные результаты [10].

4. При приближении отраженного импульса к концу открытой линии (к молниеприемнику) поперечная напряженность ЭМП возрастает в 3-5 раз относительно напряженности в начале линии. Этот эффект вызван локальным излучением ЭМП движущейся с ускорением $a > 0$ волны напряжения на конце линии. Без ускорения ($a = 0$) поле излучения отсутствует. Этот экспериментально подтвержденный эффект определен как «компрессия зарядов» [7,10].

5. Искровые разряды и интенсивный уровень индукции и излучений ЭМП от линии ТОТ могут быть вызваны также автоэлектронной эмиссией (АЭ) из-за высокого градиента потенциала на кривизне проводника. АЭ электронов возникает на тонких остриях и острых краях проводников, когда на их поверхностях возникает сильное электрическое поле (ЭП) с напряженностью превышающей 10^9 В/м.

Предложения по модернизации нормативных токоотводов

1. Сечение проводников ТОТ выполнять в соответствии с регламентациями НД [6], чтобы избежать термических и механических повреждений при воздействии энергии максимальных токов МР.

2. Обеспечить согласование волновых сопротивлений элементов МЗ: молниеприемника, ТОТ и заземлителя с волновым сопротивлением канала лидера МР ($Z_B = 200 \text{ Ом}$ [9]), чтобы снизить уровень излучений и индукции в окружающую ТОТ среду от высокоскоростных составляющих тока (напряжения) (di/dt и du/dt) МР.

3. Применять диэлектрическое покрытие линии, чтобы повысить ее искробезопасность.

4. Экранировать проводник ТОТ от протекающего по нему тока МР, чтобы избежать открытого искрообразования и снизить уровень излучений и индукций в окружающую среду. («Коаксиальная линия»). [2].

5. Центральный проводник и экран ТОТ соединять между собой электрически ниже уровня грунта (0,5-1,0 м), чтобы исключить скользящие искровые пробой по поверхности земли, или каждый из них соединять с заземлителем по отдельности, или применять коронирующие заземлители с электростатическим (эквипотенциальным) уравнивателем градиента потенциалов (проволочный купол). См. патент на «Безыскровой заземлитель».

6. Верхняя часть защитного экрана ТОТ должна быть изолирована от центрального проводника и оборудована электростатическим уравнивателем градиента потенциала, например, отогнутыми краями экрана с диэлектрической заглушкой или фигурами тор, купол и д.р., выполненными из листа или из проволоки.

7. ТОТ может быть выполнен изолированной плоской лентой, проложенной внутри плоских экранирующих шинопроводов, края которых отогнуты по эквипотенциальной кривой («Полосковая линия», «Плоский коаксиал») [2].

8. Экранированные, с низким волновым сопротивлением ($Z_B < 15 \text{ Ом}$)(коаксиальный кабель) линии ТОТ (2-4 линии) рекомендуем устанавливать (прокладывать) в дополнении к естественным токоотводам на всех ОТС дорезонансной высоты, располагая их в отдалении от уязвимых мест сооружения [2]. Кабель обеспечит шунтирование ВЧ составляющих МР, что существенно для эффективной защиты электронных ТС.

9. Конкурирующие молниеприемники, «притягивающие» или «блокирующие» промахнувшийся МР, устанавливают в «благоприятных зонах»(1/2-3/4 длины резонансной волны объекта) боковых поверхностей высотных объектов и подключают к экранированному отдельному токоотводу или к естественному токоотводу (как на Эйфелевой башне, рис.1) [1, 2]. Угловые соединения молниеприемников с ТОТ оборудовать перемычками -«гусиной лапкой».

10. Элементы конструкции ТОТ должны быть механически жесткими, чтобы снизить накопление потенциальной энергии пружины и магнетострикционных проявлений при динамическом воздействии токов восходящего и нисходящего МР [3, 4].

11. В зарезонансном ТОТ сглаживание фронта волны тока МР может быть выполнено путем применения коаксиального распределенного фильтра, состоящего из медного проводника, стального экрана ($\mu_r \geq 500$) и

диэлектрической прослойки между ними (например, трубы из полистирола $\epsilon_r = 7$). Эффект достигается за счет затухания высокочастотного тока фронта импульса, вызванного набегающей разностью напряжений между проводником и экраном из-за различной фазовой скорости движения волны МР по меди и стали [2].

12. Кроме увеличения радиусов кривизны проводников ТОТ повысить критическое напряжений $U_{кр}$ начала коронного разряда предлагается способом увеличения энергии работы выхода электронов с поверхности проводников при нарастании напряженности ЭП путем нанесения на поверхность проводника электроотрицательного вещества: кислорода, углерода и т.п. (например, как напыление графитовой эмульсии аквадага в электронной трубке). Ресурс изоляции в высоковольтных кабелях (устройствах) повышается, если используют углеродный подслои. Иногда для выравнивания градиента потенциалов и экранирования ЭМП применяют шунгитовую пасту – материал, содержащий более 30% углерода.

13. Оценить порядок величины согласованного волнового сопротивления ТОТ Z_B можно, используя формулу среднегеометрического соотношения $Z_{BT} = \sqrt{(Z_{ВМП} * Z_{ВЗ})}$, где, принимая $Z_{ВМП} = 200$ Ом – волновое сопротивление молниеприемника, а $Z_{ВЗ} = 10$ Ом – заземлителя, получаем $Z_{BT} = 49$ Ом.

Таким образом, в качестве ТОТ дорезонансных ОТС можно эффективно использовать 50-ти омные кабели, применяемые в радиопередающих устройствах и АФУ РЭС.

14. Соединения токоотводов с молниеприемником, например, с сеткой или тросом, а так же с заземлителем, не рекомендуется выполнять под прямым углом. Волна тока высокой крутизны, приближаясь к этой неоднородности, кроме механических напряжений в соединении (удар), вызовет эффект «компрессии зарядов» [10] и соответствующие искрения и излучения ЭМП. Поэтому, дополнительно, в углах соединений необходимо монтировать 2-е – 4-е огибающие криволинейные перемычки (типа «гусиная лапка»). Введение перемычек позволит исключить искрообразование и повысить эксплуатационный ресурс, надежность соединения при воздействии внешних разрушающих факторов [2].

15. В последние 10 лет ежегодно увеличивается количество сообщений о поражении людей прямым МР при использовании сотового телефона во время грозы. По информации СМИ только за период май – июнь 2012 г. по этой причине в Москве погибло 4-е и пострадало более 10-ти человек. Известен случай, когда МР ударил в человека, звонившего по мобильному телефону в деревянном доме под толевой крышей.

Заключение

Материалы, приведенные в данной работе и в работах [1-5], могут быть использованы при создании и разработке:

- элементов для модернизации действующих систем МЗ;

- программ НИОКР по проведению исследований и производству элементов систем МЗ, методов и приборов объективного контроля молниестойчивости ОТС;
- стандартов по совместимости устройств защиты от прямых МР, возможных ЭМИ ЯВ, ПС ЭМВ и промышленных воздействий;
- методов тестирования ТС к воздействию МР путем пропускания (инъекции) эквивалентных токов по корпусам и металлоконструкциям ОТС и т.п.[1,2].

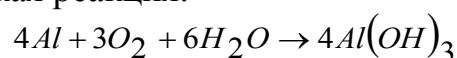
Библиографический список

1. Ермаков К.В., Рябов Ю.Г., «Концепция потенциальной молниезащиты объектов и технических средств. Новые подходы и принципы обеспечения (часть I)». «Технологии ЭМС», №4, 2010, с. 3-11.
2. Ермаков К.В., Рябов Ю.Г., «Рациональные электрофизические методы обеспечения защиты объектов и технических средств от воздействия прямых молниевых разрядов (часть II)», «Технологии ЭМС», №1, 2011, с. 3-13.
3. Ермаков К.В., Рябов Ю.Г., «Рациональные электрофизические методы обеспечения защиты объектов и технических средств от воздействия прямых молниевых разрядов», «Труды 9-го международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии». 13-16 сентября 2011г., С.-Петербург, с. 96-99.
4. Ермаков К.В., Рябов Ю.Г., «Обеспечение эффективного безыскрового заземления для систем молниезащиты». «Труды 9-го международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии». 13-16 сентября 2011г., С.-Петербург, с. 100-101.
2. Ермаков К.В., Рябов Ю.Г., «Новые подходы к механизмам развития и формирования молниевых разрядов». с. 1-9. (в печати).
3. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – М.: Изд. МЭИ, 2004 (СО 153-34.21.122-2003). – с. 66.
4. Кугушев А.М., Голубева Н.С. Основы радиоэлектроники. (Линейные электромагнитные процессы). М., «Энергия», 1969. – с. 880.
5. Балюк Н.В., Кечиев Л.Н., Степанов П.В. Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные устройства и методы защиты. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. -478с.
6. Михайлов М.И., Разумов Л.Д., Соколов С.А. Электромагнитные влияния на сооружения связи. –М.: Связь, 1979 . - с. 264.
7. Сухоруков С.А. Особенности распространения импульсных напряжений по однопроводным линиям. – Технологии ЭМС. – 2011, №3. – с. 52-77.

К ВОПРОСУ О БЕЗОТХОДНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ВОЗДУШНО- АЛЮМИНИЕВЫХ (ВА) ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА (ХИТ) С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

*Суворова Е.В., ст. преподаватель, соискатель ученой степени к.т.н.,
Московский Авиационный Институт, Москва, Россия*

При работе ВА ХИТ со щелочным электролитом протекает суммарная электрохимическая реакция:



и в качестве продукта реакции образуется гидроксид алюминия $Al(OH)_3$, выпадающий из пересыщенных алюминатных растворов. Для разработки технологических рекомендаций по утилизации гидроксида нами были проведены исследования по выявлению его производителей, а также областей и масштабов использования и потенциальных потребителей $Al(OH)_3$.

Как показали исследования, проведенные в основном по материалам Алюминиево-Магниевого института (ВАМИ), гидроксид алюминия получается в России в основном на алюминиевых комбинатах (заводах) путем разложения (декомпозиции) пересыщенных алюминатных растворов, образующихся при выщелачивании природных бокситов или предварительно спеченных нефелиновых руд (процесс Байера) [1, 2]. Гидроксид алюминия и глинозем в РФ и СНГ производят: Богословский алюминиевый завод, Уральский алюминиевый завод, Бокситогорский глиноземный завод, Пикалевский глиноземный завод, Ачинский глиноземный комбинат, а также Николаевский глиноземный завод (Украина) и Павлодарский алюминиевый завод (Казахстан).

Такой гидроксид (ТУ 48-5-128-79) идет на дальнейшую переработку сначала в глинозем, Al_2O_3 , а затем – в алюминий (металлургические цели), а также используется для производства криолита Na_3AlF_6 , фтористого алюминия AlF_3 , сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3$, минеральных удобрений и др.

Месторождений бокситов в РФ и СНГ очень мало (Урал, Бокситогорск, Республика Коми, Казахстан). Отрасль работает на импортных бокситах (в основном гвинейских, а вплоть до 1991 года также греческих и венгерских) и в незначительной степени перерабатывает нефелины и алузиты – комплексное сырье, которое практически нигде, кроме как в СНГ, в производстве алюминия не используется. Поэтому мощности алюминиевых заводов РФ загружены на 74...75 %, в том числе и из-за нехватки сырья.

Таким образом, металлургические заводы по производству алюминия могут быть основными потребителями гидроксидов, получаемых при работе ЭУ с ВА ХИТ. Однако, как показали исследования физико-химических свойств этих гидроксидов, они могут применяться и для неметаллургических целей, так как удовлетворяют техническим условиям на более качественные продукты.

Это, прежде всего, сухой гидроксид с содержанием влаги до 0,5 % (остальные параметры соответствуют ТУ 48-5-128-79), сухой тонкодисперсный для ПВХА композиций (ТУ 6-47-107-88), сухой тонкодисперсный с удельной поверхностью не ниже 200 м²/г (ТУ 48-0114-50/0-88) и сухой белый гидроксид алюминия с содержанием Fe₂O₃ до 0,01 % и удельной поверхностью до 320 м²/г.

Области применения этих гидроксидов чрезвычайно разнообразны. Сухой гидроксид алюминия используется:

- 1) в резинотехнической промышленности, производстве пластиков как наполнитель, сдерживающий горение и препятствующий износу при трении;
- 2) как наполнитель в бумажной и лакокрасочной промышленности;
- 3) в производстве стекол, эмалевых покрытий и керамики;
- 4) в производстве косметики, фармацевтических гелей и желе;
- 5) в строительной промышленности как базовый термоизоляционный, теплозащитный и электроизоляционный материал.

Как показали исследования конъюнктуры рынка по сбыту сухого гидроксида алюминия (ТУ 48-5-128-79), потребности в нем практически не ограничены. Многие потребители заинтересованы в сухом гидроксиде по соображениям транспортировки с использованием пневмотранспорта. Установленная на данный момент потребность в тонкодисперсном гидроксиде алюминия (ТУ 6-47-107-88) для кабельной промышленности составляет 270 тыс. тонн в год. Особенностью требований по качеству является величина потерь при прокаливании (п.п.п.) не ниже 30%. Цена на такой гидроксид колеблется около 5000 US \$ за тонну.

Большой интерес представляет гидроксид алюминия с высокой удельной поверхностью до 350 м²/г. Нефтехимическая промышленность в настоящее время использует такой продукт для нанесения катализаторов в количестве 45 тыс. т/год.

Ряд потребителей, в том числе и зарубежных, предъявляют подчас дополнительные требования к гидроксиду, такие как определенная форма и размер частиц, снижение содержания щелочи, железа, влаги, п.п.п. и др. Это означает внесение определенных корректив в технологию получения гидроксида с заданными свойствами.

Одной из наиболее обширных областей сбыта гидроксида алюминия, предварительно переработанного а сернокислый алюминий или его оксихлориды, использующиеся в качестве коагулянтов, является коммунальное хозяйство больших мегаполисов, каковым является Москва. В настоящее время этот путь представляется наиболее целесообразным, поскольку такая переработка не ставит перед собой задачи очистки гидроксида от приме-

сей, изначально вводимых в анод и электролит ВА ХИТ, что значительно упрощает и удешевляет процесс очистки гидроксида алюминия. Область применения – адсорбция большого количества загрязнителей как из воды, так и из газов. "Компалокс" широко применяется в очистке промышленных газов от фтора, фосфатов, мышьяка, органических кислот, фенолов, аминов, ионных моющих веществ, кислотных и основных красителей и т.д..

Таким образом, выполненными исследованиями установлено, что имеется большая потребность в различных видах сухого гидроксида алюминия на российском и мировом рынках. И при широкомасштабном использовании ВА ХИТ и ЭУ на их основе возможно и выгодно организовать утилизацию продуктов реакции с помощью их специальной очистки, фильтрации, промывки, сушки и другой подготовки под требования потенциальных потребителей.

Библиографический список

1. Кузнецов С.И., Деревянкин В.А.: Физическая химия производства глинозема по способу Байера. - М., 1964.
2. Лестер А.Д.: Присоединение промышленных химических процессов к процессу Байера, "Лайт Металз", 1987, с.87...89.
3. Буторин Л.М.: Способ очистки алюминатных растворов от примесей железа. - Авт. св. СССР. Заявка опубликована 30.03.1967. Бюллетень N 8.
4. Заявка ФРГ N 3121953, 1982. "Способ очистки алюминатного раствора от примесей".
5. Патент Японии N 5618534. Заявлено 03.12.1971.
6. Амкиеров Р.А., Агаев З.З., Гусейнов Э.Р.: Способ очистки щелочно - алюминатных растворов от железа. - Авт. св. СССР N 385920, 1971.
7. Патент США N 3729542, 07.01.1972.
8. Бахтеев, Савченко Л.И.: Способ очистки щелочно - алюминатных растворов. Заявка /824737/23-26. Опубликовано 30.04.1975.
9. Патент США N 3796789. Заявлено 07.01.1972.
10. Способ очистки алюминатных растворов. Заявитель Каз. ПТИ и ЛАЗ. Авт. св. СССР по заявке N 2466741. 29.03.1977.
11. Получение гидроксида алюминия с высокой степенью белизны. Заявка на авт. св. СССР N 53-72063. Опубликовано 26.12.1979.
12. Авт. св. СССР N 931717. Заявитель УФ ВАМИ. Заявлено 18.08.1980.
13. Удаление примесей железа и кальция из растворов Байера при получении оксида алюминия с использованием кипящего слоя. 1983. УДК 669.71.0534.067.
14. Способ получения гидроксида алюминия с низким содержанием примесей, в частности железа, и с высокой степенью белизны. Публикация 860717, N 29, ФРГ.

15. Патент США N 4717550. Заявлено 09.10.1986.
16. Высокопродуктивный способ получения гидроксида алюминия высокой чистоты и средним диаметром частиц менее 4 мкм. Публикация N 25, 19.06.1987.
17. Патент США N 890206. Опубликовано 15.12.1987.
18. Удаление нефилтруемого железа из байеровских растворов с использованием активированных автоклавных песков. - "Лайт Металз", 1989.

УДК: 621.316.9.064.2

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРО И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ

*Трубицын А.В. к.т.н., доцент, Душкин Н.Д. ст. преподаватель,
Листопад И.И., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

В системах электроснабжения потребителей для обеспечения электро- и пожаробезопасности широко используются автоматические выключатели, управляемые дифференциальным током (АВДТ) [1]. В силу объективных причин (широкое использование в потребителях вторичных источников питания, тиристорных преобразователей и т.д.) в электрических сетях существенно возрастают импульсные коммутационные помехи, значительно увеличивающие коэффициент гармоник и вызывающие ложные срабатывания АВДТ, что снижает эффективность защитных функций данных устройств. Среди других причин возникновения помех в низковольтных электрических сетях имеют большое значение грозовые перенапряжения. Причем, если для снижения воздействия коммутационных перенапряжений существует множество технических решений, то борьба с грозовыми перенапряжениями является весьма актуальной. При возникновении грозового разряда (удара молнии) возникает электромагнитный импульс, который наводит в воздушной линии электропередач перенапряжение в десятки киловольт с большой крутизной переднего фронта и временем нарастания до 10 мкс.

Практика эксплуатации АВДТ показывает, что, например, АВДТ с использованием аналоговой микросхемы типа М54123 отличается высокой частотой ложных срабатываний, что серьезно снижает область применения этих устройств и исключает возможность их установки на ответственных участках электрических сетей. Таким образом, с целью повышения надежности электроснабжения потребителей возникает необходимость разработки нового схемотехнического решения для повышения помехоустойчивости АВДТ.

В настоящее время для защиты от перенапряжений применяют ограничители перенапряжений (ОПН), выполненные на основе варисторов, и устанавливаемые на входе в электроустановку между фазными проводниками и защитным заземлением. Принцип действия варисторов основан на наличии в его вольт-амперной характеристике участка малых токов (несколько миллиампер) в диапазоне рабочих напряжений и участка больших токов (десятки тысяч ампер) при возникновении перенапряжения. При возникновении импульсного перенапряжения сопротивление варистора мгновенно снижается до низкого значения, и разрядный ток стекает на землю. При этом, во время прохождения разрядного тока, остаточное напряжение, превышающее рабочее напряжение в несколько раз, создает импульсный сигнал помехи с длительностью до половины периода синусоидального напряжения промышленной частоты (0,01с).

Таким образом, применение ОПН обеспечивает защиту электрических сетей и оборудования от пробоя изоляции высоким напряжением, но не защищает оборудование от появления помех.

Поскольку целью использования АВДТ является повышение уровня электро- и пожаробезопасности, очень важно, чтобы технические параметры этих устройств соответствовали поставленным задачам. В российском стандарте ГОСТ Р 51327.1-99 (МЭК 61009-1-96) [2] сформулированы общие требования и методы испытания АВДТ. Одним из основных параметров АВДТ является его быстродействие, поэтому в стандарте, в зависимости от типа устройства (общего или селективного S), приводятся допустимые значения времени отключения и времени неотключения. При этом, параметр «Минимальное время неотключения» распространяется лишь на АВДТ селективного типа S (Таблица 1).

Таблица 1

Тип	I_n , А	$I_{\Delta n}$, А	Стандартные значения времени отключения и неотключения, с, при дифференциальном токе				
			$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500 А	
Общий	Любое значение	Любое значение	0,30	0,15	0,04	0,04	Макс. время отключения
S	Св.25	Св.0,030	0,50	0,20	0,15	0,15	Мин. время неотключения
			0,13	0,06	0,05	0,04	

Как известно, самые распространенные на российском рынке АВДТ, выполнены на специализированной микросхеме М54123. Время срабатывания этой электронной схемы не превышает 0,006 с. С учетом передачи механического воздействия на исполнительные элементы и полного погасания электрической дуги в контактной паре, время отключения устройства не более 0,02с, что на порядок меньше требований стандарта. Высокое быстродействие данных устройств, с точки зрения обеспечения электро- и

пожаробезопасности, является положительным моментом, но при этом импульсные коммутационные и грозовые перенапряжения, периодически возникающие в электрической сети, приводят к ложным срабатываниям, что в целом снижает надежность электроснабжения.

Анализируя статистику адекватных и ложных срабатываний АВДТ и опираясь на результаты физического моделирования импульсных процессов в электрических сетях, авторы пришли к выводу, что преобладающее число импульсных помех имеют длительность не более 0,01с. и не могут привести к электротравме или к опасности возникновения пожара. В тоже время, импульсные помехи длительностью менее 0,01с. приводят к срабатыванию АВДТ, которые следует классифицировать как ложные. На основании этого авторы считают необходимым внести изменения и дополнения в Таблицу 2 «Стандартные значения времени отключения и времени неотключения для работы при наличии дифференциального тока» стандарта ГОСТ Р 51327.1-99 (МЭК 61009-1-96) [2]. Предложение заключается в следующем: для АВДТ общего типа ввести понятие «Минимальное время неотключения» и установить его значения с учетом задержки срабатывания.

Изготовленные по этим требованиям АВДТ при их использовании позволяют значительно сократить число ложных срабатываний и повысить надежность электроснабжения потребителей при обеспечении надлежащего уровня электро- и пожаробезопасности.

Предлагаемые новые характеристики времени отключения и неотключения АВДТ в зависимости от значения дифференциального тока приведены в таблице 2. Данные характеристики составлены с учетом применения новой интегральной микросхемы, позволяющей осуществить задержку сигнала на 0,01 с и механической задержки срабатывания конструкции АВДТ.

Таблица 2

Тип	I_n , А	$I_{\Delta n}$, А	Стандартные значения времени отключения и неотключения, с, при дифференциальном токе				
			$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500 А	
Общий	Любое значение	Любое значение	0,200	0,080	0,013	0,013	Макс. время отключения
			0,150	0,060	0,010	0,010	Мин. время неотключения
S	Св.25	Св.0,030	0,300	0,150	0,080	0,080	Макс. время отключения
			0,250	0,120	0,060	0,060	Мин. время неотключения

Разработанная новая интегральная микросхема защиты от токов утечки FM2147 включает в себя аналоговую и цифровую часть, а также все необходимые для функционирования узлы (рис.2).

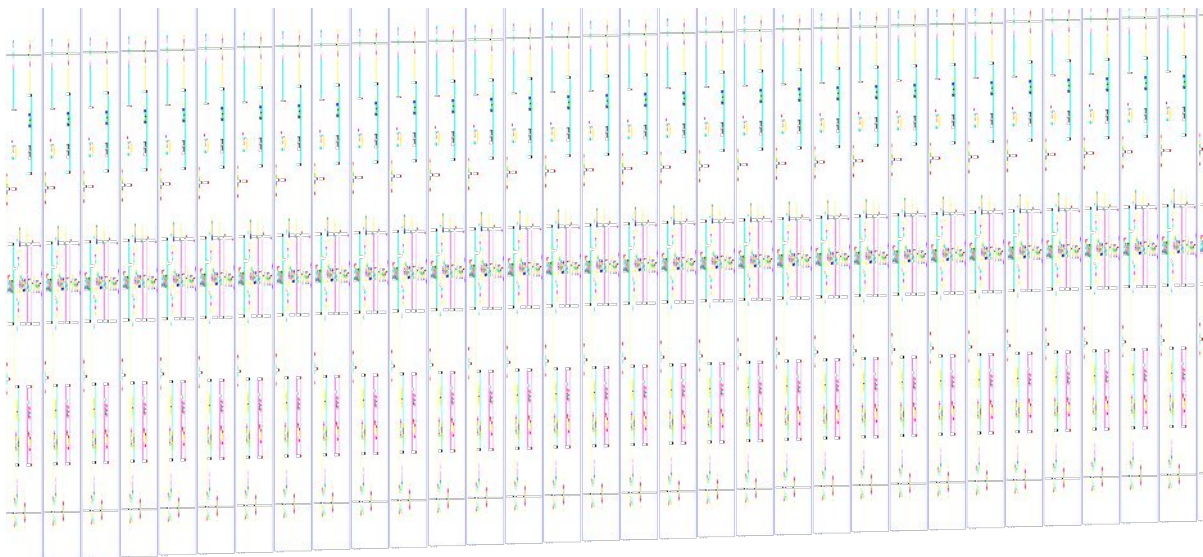


Рис. 1 Функциональная блок-схема интегральной микросхемы FM2147

Основная функция аналоговой части состоит в обеспечении питания стабилизированным источником и предварительной обработки дифференциального сигнала, а цифровая часть осуществляет защиту от импульсных помех по определенному алгоритму. Сигнал дифференциального тока (U1) поступает через низкочастотный фильтр на усилитель, где сравнивается с источником опорного напряжения, формирующего порог срабатывания. Напряжение (U2) после усилителя является полезным сигналом, смешанным с помехой, и через компаратор преобразуется в цифровую последовательность (U3). В цифровой части анализируется непрерывность и длительность (U4) импульса сигнала с целью определения истинности сигнала утечки, что позволяет избежать ложных срабатываний. При этом цифровая часть формирует обратозависимую время-токовую характеристику срабатывания согласно таблицы 1 (например, - при токе утечки свыше $5I_{\Delta n}$ отключение происходит с минимальной задержкой в 0,01 с). В случае появления реального сигнала утечки, выходное устройство формирует напряжение управления (U5) внешним электронным ключом и происходит отключения питания в зоне защиты АВДТ[3].

Интегральная микросхема FM2147 изготовлена по КМОП- технологии на кристалле размером $0,9 \text{ мм}^2$, потребляемый ток - 400 мкА, напряжение питания – 5В.

На основе новой аналого-цифровой микросхемы FM2147 разработана и выпущена опытная партия устройств АВДТ32 и АД12М, имеющие повышенную помехоустойчивость [4]. Продукция сертифицирована, хорошо зарекомендовала себя в эксплуатации. Технические решения и конструкция данных устройств запатентована [5].

Разработка и внедрение в производство устройств АВДТ и АД12М с новой помехозащищенной интегральной микросхемой FM2147 проводилась совместно с сотрудниками *Группы компаний IEC* (Москва), *Shanghai Fudan Microelectronics Co., Ltd* (Шанхай, КНР) и *CHAC Technology Co., Ltd* (Венчжоу, КНР).

Библиографический список

1. Душкин Н.Д., Монаков В.К., Старшинов В.А. УЗО – устройства защитного отключения. Учебно-справочное пособие. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2003. - 232с.
2. ГОСТ Р 51327.1-99 (МЭК 61009-1-96). Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения со встроенной защитой от сверхтоков. Часть 1. Общие требования и методы испытаний.
3. Pan, H., & Han, Y. (2006). Design of a smart leakage current protector IC. Microelectronics, 36(4), 518–521.
4. Листопад И.И., Трубицын А.В. Анализ и разработка устройства защитного отключения с выдержкой времени. Сборник трудов 60-й НТК МИРЭА. Часть 3. Технические пауки. 2012. - с.142-145.
5. Листопад И.И., Илиницкий А.А., Душкин Н.Д. УСТРОЙСТВО ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ (ВАРИАНТЫ). Патент на полезную модель RU 124453. Опубликовано: 20.01.2013 Бюл. № 2.

УДК: 621.355

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АККУМУЛЯТОРОВ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ

*Удалов А.И., к.т.н., доцент, Трубицын А.В., к.т.н., доцент,
Марьин С.В., заведующий лабораторией,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Приводимые ниже результаты исследований получены путем анализа входных и выходных (зарядных и разрядных) характеристик аккумуляторов, находящихся на разных разряда и условиях эксплуатации. При получении характеристик были использованы:

- Асте power RC-6 - универсальное зарядно-разрядное устройство для работы с никель-кадмиевыми, никель-металлгидридными аккумуляторами, щелочными элементами;

- TechnoLine BC-700 - универсальное зарядно-разрядное устройство для работы с никель-кадмиевыми, никель-металлгидридными аккумуляторами, позволяющее заряжать аккумуляторы, разряжать для снятия эффекта памяти, восстанавливать емкость аккумулятора путем многократного циклирования процесса заряд-разряд, измерять емкость аккумулятора в тестовом режиме;

- Разработанный в лаборатории МГТУ МИРЭА универсальный стенд для снятия характеристик аккумуляторов на основе никеля, лития, свинца, позволяющее проводить процессы с контролем уровня заряда и разряда.

При анализе использовали как полученные характеристики, так и разработанную ионную гидродинамическую модель аккумулятора.

Использование модели позволяет смотреть на аккумулятор как черный ящик, имеющий два полюсных вывода. С помощью модели и полученных реальных характеристик аккумулятора можно увидеть внутреннее состояние аккумулятора и оценить возможности использования или восстановления его емкости.

При исследовании были использованы более 200 образцов аккумуляторов на основе никеля и лития, порядка 50 герметизированных кислотных аккумуляторов.

Кроме условий и длительности эксплуатации аккумуляторов по возможности учитывалось место их приобретения, т.е. палатка на рынке или крупный специализированный центр.

Для никель-кадмиевых аккумуляторов получено практическое подтверждение их высокой устойчивости к нагрузке, неприхотливость к условиям хранения, были восстановлены 4 батареи после 30-летнего срока эксплуатации и хранения.

Никель-металлгидридные аккумуляторы, имеющие более высокую емкость по сравнению с никель-кадмиевыми, уступают им в восстанавливаемости емкости. Повторение имеющихся в литературных источниках процедур восстановления емкости не позволило на нынешнем этапе получить сходные результаты. Для выяснения этого нужны дополнительные исследования.

Литий-ионные аккумуляторы, у которых низкий саморазряд и нет эффекта памяти, и у которых по литературным источникам не восстанавливается емкость, наоборот, продемонстрировали возможность ее восстановления.

Герметизированные кислотные аккумуляторы практического восстановления не продемонстрировали. Пока можно считать, что исследования в этом направлении надо продолжить.

Выявлено, что основная масса владельцев аккумуляторов имеет слабое представление, а чаще всего не имеют никакого представления о том, как нужно поддерживать их в работоспособном состоянии. Аккумуляторы ноутбуков за 1,5- 2 года непрерывного пребывания в корпусе деактивируются на 90-100%. Аккумуляторы сотовых телефонов при ежедневной подзарядке за 1,5- 2 года теряют до 70 % емкости. Аккумуляторы источников бесперебойного питания за 2 года просто высыхают и это заложено при их проектировании.

Используемые зарядные устройства чаще всего не имеют контроля окончания процесса заряда и разряда. Только в литий-ионных батареях имеются соответствующие контролеры. В основном процессы идут вслепую. Отсю-

да вспучивание корпусов аккумуляторов, переплюсовка элементов в составе батарей со всеми вытекающими последствиями.

Для длительной и надежной работы с аккумуляторами надо:

- иметь четкое представление о том, что надо делать;
- иметь четкое представление о том, как надо это делать;
- иметь четкое представление о том, чем надо это делать.

Достаточно иметь минимальные знания, но они должны быть изложены в четких руководствах по эксплуатации. Оборудование должно быть умным.

Если мы будем грамотно работать с аккумуляторами, то они будут работать долго, уже за счет этого будет меньше проблем и организационных, и экологических.

Для работы с аккумуляторными батареями нужно иметь доступ к отдельным элементам. В современных импортных батареях, которые у нас продают, этого нет. Но в батареях есть отстающие элементы. Надо проверять при регламентных работах уровень заряда и уровень разряда каждого элемента. В зарубежных зарядных устройствах уже вводится режим балансировки, для которого необходим кабель с доступом к каждому элементу батареи. У нас об этом просто не знают.

Для режима восстановления емкости элементов в составе батареи такой доступ просто обязателен. Конечно, такое устройство достаточно сложное. Оно должно быть автоматическим. Оно будет дороже. Но эффект от восстановления емкости аккумуляторов в ноутбуках в виде увеличения их срока службы впечатляет. Но пока надо вскрывать корпус батареи, подсоединять самодельный кабель связи, запускать полуавтоматическое устройство. Но готовое разработанное устройство не сложнее, чем TechnoLine BC-700.

Для автомобильных аккумуляторов, которые запасают много амперчасов, надо иметь в автохозяйствах лаборатории, где энергия аккумуляторов при разряде сохраняется в буферных батареях, а при заряде возвращается в восстанавливаемую батарею. Такой процесс будет энергоэкономичным. Но говорить о таких центрах или лабораториях пока страшно из-за недопонимания хозяйственников.

Библиографический список

1. Таганова А. А., Бубнов Ю. И., Орлов С. Б. Герметичные химические источники тока: Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации: Справочник. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2005. - 264 с., ил.
2. В. Васильев, Аккумуляторы: Академия для неинженеров, сообщение на сайте <http://www.ixbt.com/mobile.shtml#accum>

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ АККУМУЛЯТОРОВ ВОДОРОДА И ДРУГИХ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ ШЕСТИГРАННЫХ КАПИЛЛЯРНЫХ МАТРИЦ С ВЫСОКИМ УДЕЛЬНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ВОДОРОДА

*А.Ф. Чабак, Д.А. Чабак, ЗАО «Академия перспективных технологий»,
Москва, Россия*

В 2005 году впервые был зарегистрирован российский патент об аккумуляции водорода в капиллярных структурах, пучках капилляров [1], что дало дальнейшее развитие этому направлению, как в России, так и за рубежом [2-4].

При создании капиллярных структур для получения высокого удельного содержания в них водорода (газа) одной из основных целей было достижение высокого аспектного отношения, определяемого отношением внутреннего диаметра единичного капилляра в структуре к толщине оболочки. Так как оболочка принадлежит одновременно двум, граничащим друг с другом капиллярам, то аспектное отношение определяется отношением внутреннего радиуса к половине толщины оболочки, $R/0,5\delta$

Для исследований были созданы матрицы, изготовленные по различным технологиям, с различной структурой капилляров, с внешними толстыми оболочками матриц и без них.

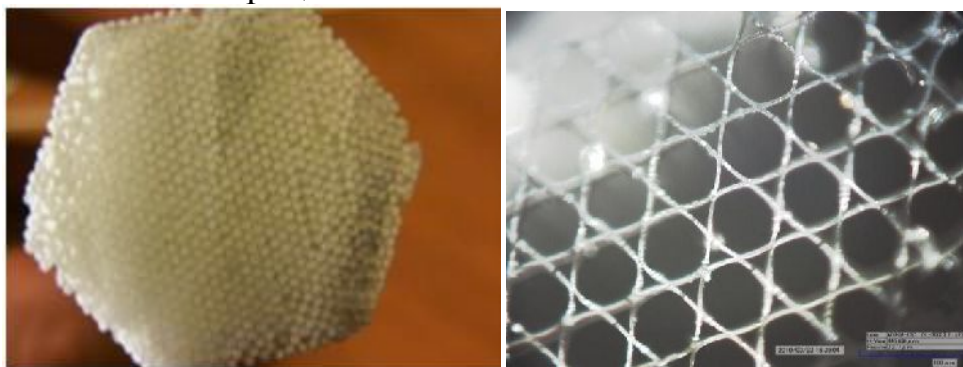


Фото 1, 2. Матрица из цилиндрических капилляров

Были созданы капиллярные структуры с высоким аспектным отношением. Матрица представлена на фото 1-2. Были определены параметры капилляров в матрице, диаметр-60 мкм и толщина оболочки -3,6 мкм.

Проведены так же исследования и отработка технологии по созданию матриц с высокой плотностью упаковки в виде шестигранных структур. Созданы капиллярные матрицы с диаметром в 1,0 мм, длиной 1000 мм, содержащих до 4000 шестигранных капилляров с расстоянием между гранями 14 мкм и толщиной оболочки 0,8 мкм. Аспектное отношение у капилляров этих матриц составляло не менее $R/0,5\delta = 7/0,4 = 17,5$. На фото 3 представлена матрица с толщиной оболочки 0,8 мкм (800 нм).

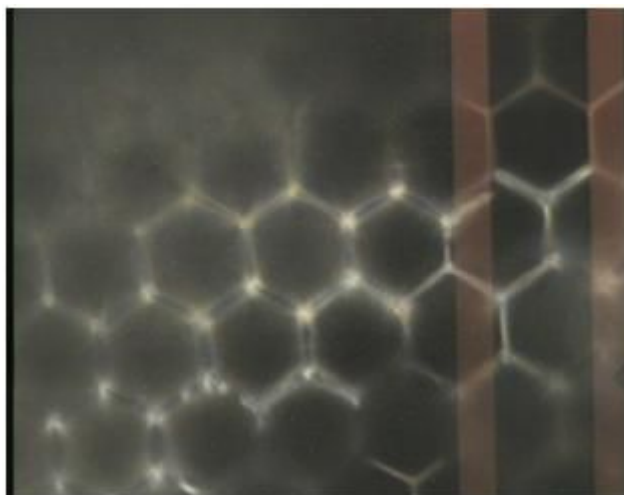


Фото 3. Измерение расстояния между гранями шестигранного капилляра матрицы.

Испытания капиллярных матриц.

Один торец этих капиллярных матриц герметизировался одним из двух способов, либо заваривался водородной горелкой, как это представлено на фото или опускался в расплав жидкого легкоплавкого металла (сплав Вуда, Розе), расплав металла заполнял капилляры, при охлаждении сплава осуществлялась герметизация капилляров.

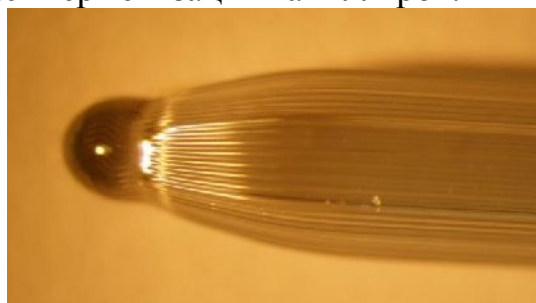


Фото 4. Заваренный торец матрицы.

Второй торец матрицы вставлялся в металлический капилляр с внутренним диаметром 1,1 мм и герметизировался сплавом Вуда. Затем с помощью резьбового соединения и уплотнения на металлическом капилляре матрица подсоединялась к вентилю высокого давления, который через резьбовое соединение присоединялся к источнику высокого давления водорода, фото 5.



Фото 5. Миниатюрная система заполнения матрицы водородом.

Более крупные матрицы готовились к испытаниям следующим образом. Один торец матрицы так же герметизировался завариванием горелкой. Второй торец матрицы вытягивался в виде конуса при этом aspectное отношение как в матрице, так и в любом сечении конуса сохраняется постоянным. [5].

Конус матрицы вставляется в металлический капилляр, герметизируется, и обеспечиваются условия прочного сцепления матрицы и металлического капилляра.

На фото 6 представлены матрицы (две матрицы на переднем крае) соединенные с капиллярами из стали.



Фото 6. Различные матрицы из поликапилляров и аккумуляторы на их основе.

Капилляры из стали соединяются с запорной арматурой, которая может работать при высоких давлениях до 400 МПа.

С помощью устройства представленного на фото в таких матрицах создавалось давление водорода до 55 МПа при комнатной температуре 293,15 К. Плотность водорода при этих параметрах 33,27 г/дм³. Массовое содержание водорода в матрице составляет не менее 20,7%, а объемное содержание 31,4 г/дм³.

При охлаждении капиллярной матрицы в сосуде Дьюара с жидким азотом (77 К) плотность водорода даже при относительно низких давлениях равна,

№ п/п	Давление водорода, МПа.	Плотность водорода в газовой фазе , г/дм ³ .	Массовое содержание водорода в матрице, %	Объемное содержание водорода в матрице, г/дм ³ .
1	30	59,7	31,9	56,4
2	40	66,8	34,4	63,1
3	50	72,3	36,2	68,3
4	55	74,6	36,9	70,5

Исследования шестигранных капиллярных матриц с толстостенной оболочкой

С учетом требований, предъявляемых к капиллярным структурам были созданы гексоганальные структуры матрицы с толстостенной внешней оболочкой, которые имели оптимальную упаковку и одинаковые микрообъемы в отличие от матрицы из круглых капилляров, фото 7.

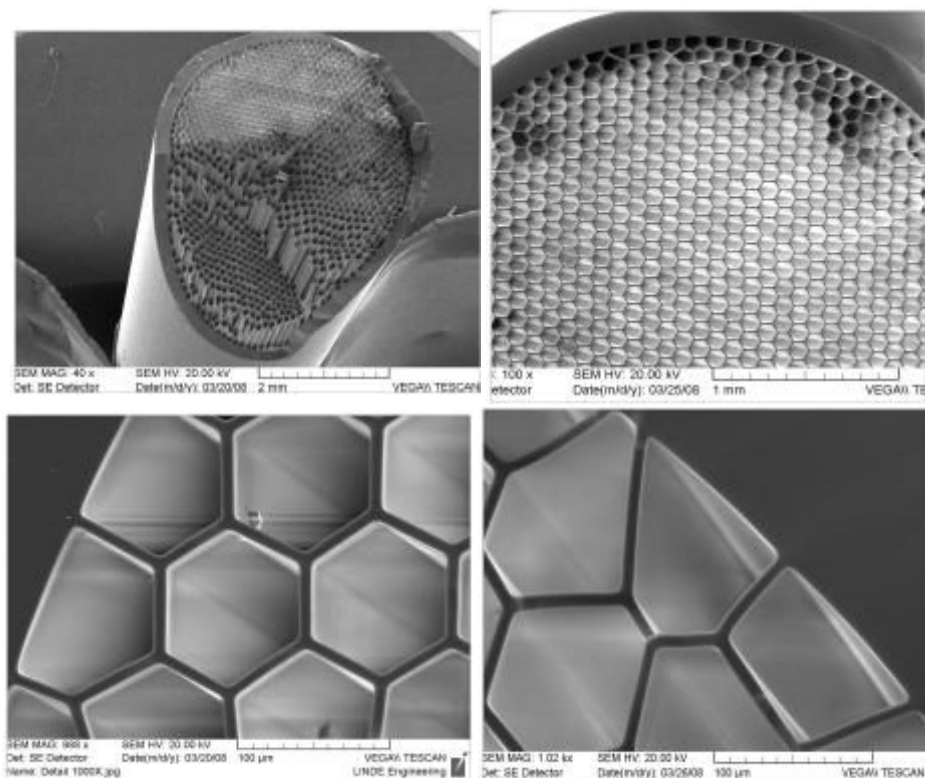


Фото 7. Матрица из гексагональных капилляров с толстостенной внешней оболочкой

Как видно из фото 7, матрица имеет регулярную структуру, а изменения в структуре происходят на поверхности структуры, в результате воздействия толстостенной оболочки (темная слева) с матричной структурой в процессе создания матрицы.

Выводы

1. Созданы тонкостенные шестигранные мультикапиллярные матрицы с аспектным отношением более 17,5 толщиной стенки 0,8 мкм.
2. Созданы технологии герметизации торцов капилляров.
3. Разработана технология заполнения и извлечения водорода из матрицы при высоких давлениях.
4. Создан миниатюрный аккумулятор водорода на основе мультикапиллярной матрицы и реализована демонстрация его работы при давлениях до 55 МПа.

5. Получены высокие значения массового (более 30%масс.) и объемного (более 50 г/дм³) содержания при охлаждении мультикапиллярной матрицы в жидком азоте.

6. Определены технологические и конструктивные факторы, влияющие на прочностные характеристики мультикапиллярных матриц.

Библиографический список

1. А.Ф. Чабак. Емкость для хранения водорода. // Патент РФ RU 2283454, 2005.07.08

2. Zhevago N. K.; Chabak A.F.; Glebov V.I. et al. Onboard hydrogen accumulator for vehicles. Report at the International G8 Forum "Hydrogen technologies for energy production". Moscow, 6--10 February 2006.

3. Holtappels, K., Beckmann-Kluge, M., Gebaur, M., Gruneberg, M., Eliezer, D. Hydrogen storage in glass capillary arrays for portable and mobile systems.// In: 3rd International Conference on Hydrogen Safety, 2009, Corsica, France.

4. А.Ф.Чабак. Создание аккумулятора на основе матрицы из микрокапилляров массовым содержанием водорода более 10% и объемным содержанием водорода более 45 г/дм³. II Международный Форум «Водородные технологии для развивающегося мира» в рамках 9-го заседания Управляющего комитета Международного партнерства по водородной экономике (МПВЭ), 22-23 апреля 2008г.

5. А.Ф.Чабак. Характеристики созданного аккумулятора водорода на основе капиллярных структур с массовым содержанием водорода 13,4 % масс. и объемным 51г/дм³. II Международная IPHE конференция и выставка «Технологии хранения водорода» 28-29 октября 2009. Москва, Россия.

УДК: 628.16

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ И ТЕХНОЛОГИИ ЕЕ ОЧИСТКИ

Чабак А.Ф., Чабак Д.А., Струков Н.И.

В докладе ООН о роли водных ресурсов сделан важный вывод о том, что в обширных регионах развивающегося мира по-прежнему сохраняется неравный доступ к основным услугам, связанным с водой, то есть обеспечению безопасной питьевой водой, очистке воды для производства пищевых продуктов, переработке сточных вод. Если ничего не предпринимать, то без удовлетворительной очистки воды к 2030 году будут оставаться почти 5 миллиардов человек, около 67

проц. населения планеты. Нехватка водных ресурсов «вскоре проявится в разных частях глобальной экономической системы» и «станет одной из главных геополитических проблем». Период 2005-2015 гг. провозглашен ООН декадой «Вода для жизни».

Удовлетворение текущих и перспективных потребностей населения России качественными запасами воды имеет огромное значение как для социальной стабильности, так и для поддержания здоровья нации. В госпрограмме «Чистая вода» должна найти отражение специфика и потребности конкретных регионов с обобщением опыта решения имеющихся проблем предприятиями, специализирующимися в области обеспечения требуемого качества воды. Расширение спектра технологий очистки воды, фильтрующих материалов и катализаторов и гибкое использование их возможностей при решении конкретных задач в обеспечении качества воды является стратегической и единственно правильной линией в достижении поставленной цели. Сужение или вырождение этой стратегической линии приведет к дестабилизации и разрушению существующей и создаваемой структуры снабжения населения питьевой водой высокого качества.

Дальнейшее развитие водоснабжения должно осуществляться как в совершенствовании глобальных структур, обеспечивающих водой мегаполисы, населенные пункты и предприятия, так и локальных структур, обеспечивающих гарантированное качество воды внутри глобальной структуры и на объектах не охваченных ею — вынесенные за пределы населенных пунктов предприятия, загородные дома, дачи и т.п.

Существующие и разрабатываемые в России фильтрующие материалы и технологии способны обеспечить требуемое качество воды в соответствии с санитарными правилами и нормами, но, при этом безусловно, необходимо дальнейшее совершенствование технологий очистки воды и внедрение перспективных разработок в практику водоснабжения населения.

Возрастающая потребность в питьевой воде диктует развитие технологий очистки поверхностных и артезианских вод. Если ранее эти технологии в основном совершенствовались в конструктивном направлении и за счет автоматизации управления

системами очистки, то теперь можно ожидать, что существенное, качественного характера изменение произойдет при создании ряда высоко селективных фильтрующих материалов.

Перспективным направлением, по нашему мнению, является создание селективных катализаторов, функция которых — превращение удаляемых из воды различных химических соединений в трудно растворимую форму, улавливаемую в виде дисперсных частиц на механическом фильтре. Очистка последнего осуществляется традиционно — взрыхлением фильтрующего слоя обратным потоком воды, если не существует каких-либо специальных, специфических требований.

Разработки в области создания катализаторов велись на основе разработанных ранее автором статьи в 1977 г. теоретических основ создания селек-

тивных материалов, обладающих каталитическими свойствами, основанных на перераспределении энергии в молекулах при резонансных взаимодействиях в ИК-спектре. Особенностью разработки катализаторов удаления примесей железа из воды являлось нахождение комплексов, которыми обрабатывалась матрица (гранулы фильтрующей загрузки), затем комплексы, соединяясь с ионами железа образовывали трудно растворимые соединения (катализатор), покрывающее поверхность пористой структуры матрицы. Катализатор не содержит марганца.

При каталитическом окислении, например, двух валентного железа, сероводорода на первом этапе образуется коллоидные частицы на основе трех валентного железа, коллоидной серы, которые в этом состоянии на механических фильтрах практически не улавливаются. Требуется процесс коагуляции, перевода коллоидных частиц в мелко, а затем и в крупно дисперсные частицы, которые эффективно улавливаются механическими фильтрами. Чем эффективнее коагуляция, тем крупнее частицы, тем эффективнее очистка и тем более высокие скорости очистки допустимы на механических фильтрах. При проектировании систем очистки воды от железа, как правило, скорости фильтрации определяют в диапазоне 6-9 м/ч. Такие скорости фильтрации обеспечивают пребывание очищаемой воды в фильтрующем слое до 20 минут (при высоте загрузки 1,5 м). В течение этого времени происходит коагуляция и улавливание дисперсных частиц.

Для эффективного каталитического окисления и коагуляции был разработан катализатор из смеси катализаторов матрицей которых являются ионообменные смолы, катионит и анионит, на которые предварительно наносились различные каталитические составы (катализатор АПТ-2). Поверхность каждой гранулы приобретали свой заряд и напряженность электрического поля между гранулами и коллоидными частицами достигает 400-500 в/см. В таком электрическом поле происходит интенсивная коагуляция коллоидных частиц и их укрупнение. После катализатора поток воды поступает на механический фильтр для удаления крупных дисперсных частиц. В этом случае скорость очистки воды может достигать до 30 м/ч, а концентрация удаляемого железа до 30 мг/л.

Помимо очистки воды от железа, сероводорода, алюминия и других примесей по каталитическому механизму этот катализатор обладает и ионообменными свойствами, которые не уменьшаются в процессе длительной эксплуатации, по данным исследований ГНЦ РФ ОАО «НИИ ВОДГЕО» его динамическая обменная емкость составляет 1600 мг-экв/л. Таким образом катализатор АПТ-2 может выполнять две функции — катализатора и ионообменного материала.

Для выполнения катализатором функций каталитического окисления и механического фильтра каталитический состав наносился на кварцевый песок с гранулами 1-3 мм. Как показали исследования и эксплуатация в течение 9 лет катализатор эффективно работает при концентрациях до 15 мг/л и

скоростях фильтрации до 17 м/ч, не чувствителен к солевому составу очищаемой воды. Возможно применение любых окислителей. Грязеемкость материала порядка 2 кг/м³. Насыпной вес 1,3 кг/л.

Более легкий катализатор (АПТ-1 керапро) создан на основе керамзитового песка полученного из голубой глины юрского периода, насыпной вес которого 0,45-0,55 кг/л, что обеспечивает низкий расход воды на обратную промывку фильтрующего слоя. Катализатор имеет развитую поверхность, грязеемкость до 5 кг/м³. Для подавления развития биологических процессов в развитой поверхности и полостях катализатора, для придания бактериостатических свойств на него наносится бактерицидные соединения. Катализатор эффективно работает при концентрациях до 15 мг/л и скоростях фильтрации до 17 м/ч, не чувствителен к солевому составу очищаемой воды.

Для бактерицидной обработки воды применяется катионит в серебряной форме АПТ-4.

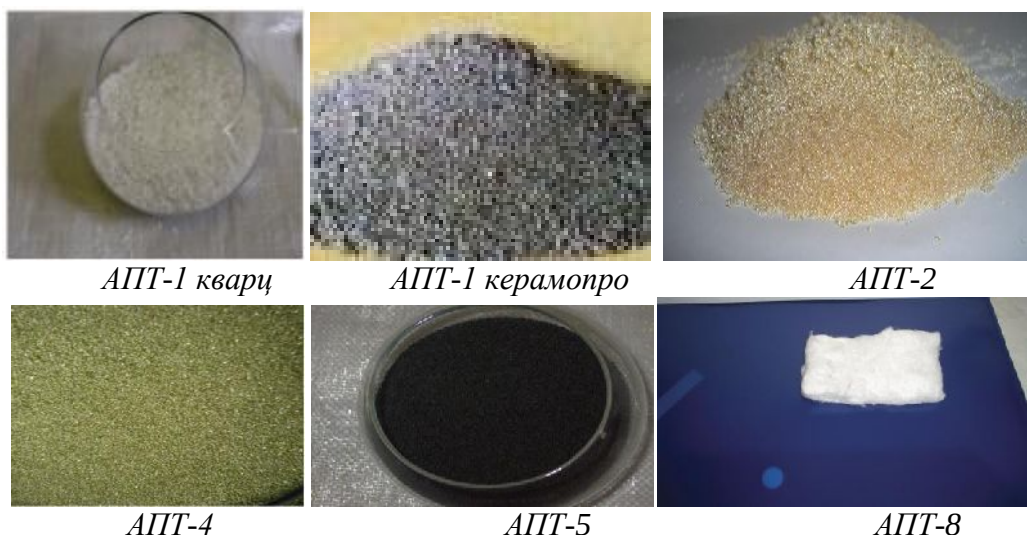
Создан бактерицидный фильтрующий материал АПТ-3, содержащий йод до 500 г/л, который достаточно стабильно дозирует в воду йод с концентрацией 7 мг/л, что обеспечивает высокий бактерицидный эффект.

Для удаления кислорода и окислителей из воды создан катализатор — палладированная ионообменная смола, которая по своим характеристикам превосходит известные зарубежные аналогичные катализаторы типа Lewatit K6333. Катализатор прошел опытно-промышленные испытания на ТЭЦ-1 г. Новокуйбышевска и показал эффективную работу[8], а так же эксплуатируется на 3 и 4 блоках Нововоронежской АЭС.

При введении в воду молекулярного водорода в воде устанавливается отрицательный окислительно-восстановительный потенциал, величина которого может достигать - (500 ÷ 700) мВ. Величина рН раствора при этом не меняется.

Удаление кислорода из воды путем его связывания водородом на палладиевом катализаторе приводит к обеспечению отрицательного окислительно-восстановительного потенциала улучшающего обменные процессы на мембране клетки. Поэтому потребление такой воды полезно для организма. В настоящее время начато строительство линии разлива бутылированной воды с отрицательным окислительным потенциалом в Калужской области.

Удаление субмикронных частиц, мелкодисперсных механических частиц и коллоидных частиц нефтепродуктов и масел реализуется на фильтрующем материале АПТ-8 из тонких фарфоровых волокон. Особенностью этого материала является то, что он практически не загрязняет очищаемую среду. В настоящее время АПТ-8 применяется для очистки потоков теплоносителя от продуктов коррозии конструкционных материалов, направляемых на систему контроля его качества, на Смоленской, Ростовской, Калининской АЭС и АЭС «Бушер» (Иран).



Системы очистки, фильтрующие материалы, разработанные и производимые ЗАО «Академией перспективных технологий», успешно эксплуатируются на объектах различного назначения: ракетные воинские части, производство селена для радио-электроники (г. Зеленоград), структуры обеспечения питания администрации президента РФ, спортивные комплексы — «Горнолыжный клуб Леонида Тягачева», обеспечение водой птицефабрики «Нижегольской» (24 птичника по 50 тыс. бройлеров каждая) в Белгородской обл., детские учреждения в Подмосковье, Волгоградской обл., Самарской обл., дома 16-21 этажные (Мытищи, Нарофоминск), линии разлива бутылированной воды (г. Анапа), системы очистки и подпитки теплоносителя исследовательского реактора ИР-8 (РНИЦ «Курчатовский институт»), система удаления радиоактивных загрязнений (газов) из подземных скважин (Карелия), система очистки оборотной воды нефтепереливного портала г. Одесса (700 м³/ч), станции обезжелезивания и другие (хлебопекари, молокозаводы, больницы, загородные дома), более 1000 объектов.

Наглядной иллюстрацией эффективной работы описываемых фильтрующих материалов является Монгольская программа «Чистая вода». Программа обеспечения Монголии чистой водой ориентирована на фильтрующие материалы и системы очистки ЗАО «Академия перспективных технологий». Устанавливаются системы очистки для небольших населенных пунктов, для индивидуальных хозяйств, поселков и городов.





Монголия, пустыня Гоби. Индивидуальные системы очистки. Пуско-наладка.

В городе Алтай-Гоби в 2008 г создана и действует система очистки с производительностью 2400 м³/сутки. В настоящее время 28 районов Монголии эксплуатируют системы очистки воды: северо-запад, центр, юг, юго-восток (на карте — белый цвет).



Карта Монголии, белый цвет – реализована программа «Чистая вода Монголии».

Серьезной экологической проблемой является очистка, разделение водо-нефтяных эмульсий. В частности эти проблемы возникают при очистке танкеров, ж/д цистерн, емкостей нефтехранилищ, при разливе нефтепродуктов и при переработке шламов нефтеамбаров. Для решения этой проблемы созданы сепараторы разделения водо-нефтяных эмульсий непрерывного действия, позволяющих осуществлять непрерывно разделять эмульсию без смены загрузочного материала.



Непрерывное разделение водо-нефтяной эмульсии.

Выводы

1. Дальнейшее развитие водоснабжения должно осуществляется как в совершенствовании глобальных структур, обеспечивающих водой мегаполисы, населенные пункты и предприятия, так и локальных структур, обеспечивающих гарантированное качество воды внутри глобальной структуры и на объектах не охваченных ею — вынесенные за пределы населенных пунктов предприятия, загородные дома, дачи и т.п.

3. ЗАО «Академия перспективных технологий» разработало серию новых фильтрующих материалов, катализаторов и технологий, которые внедрены на различных объектах России и за рубежом. Полученный многолетний опыт применения фильтрующих материалов и технологий должен быть широко использован для очистки воды самого разного состава и назначения в различных регионах России.

4. Считать проблему получения чистой питьевой воды с использованием новых перспективных и эффективных фильтрующих материалов, систем и технологий очистки воды, и как основу, разработанных ЗАО «Академией перспективных технологий», — важнейшей государственной проблемой, связанной с необходимостью обеспечения устойчивого развития нашей страны (основанного на экологической стабильности, безопасности жизнедеятельности людей, энерго- и ресурсоэффективности), здоровья, достойного качества жизни населения России и с национальной безопасностью.

УДК: 331.43

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПО ФАКТОРУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Рябов Ю.Г., Ермаков К.В., Билецкий С.Э.

Введение

Дискомфортные состояния от воздействий атмосферного электричества (АЭ) и статического электричества (СЭ) каждый человек испытал на себе. Нередко АЭ и СЭ являются ответственными и непосредственными причинами аварий и катастроф с человеческими жертвами, вызванными непредсказуемыми случайными факторами: человеческим; природным (АЭ, магнитными бурями, грозами и т.п.); техногенным (отказами технических средств). По данным МЧС на ликвидацию последствий ущерба от природных и техногенных аварий и катастроф в РФ ежегодно тратится до 15% национального дохода.

Человеческий фактор (ЧФ) является причиной до 80% случаев нештатных ситуаций, пожаров, аварий и катастроф на транспорте, в условиях производства продукции и в среде обитания. Часто неадекватные условия и поступки людей вызваны природными явлениями или дискомфортными условиями на рабочих местах [1-8]. Поэтому каждый из них сам по себе и их взаимодействующее сообщество должны обеспечить им комфортные гигиенические условия (КГУ) [2].

КГУ - это состояние окружающей человека среды, когда внешние воздействующие факторы (ВВФ): природные, техногенные и экологические практически не нагружают его адаптационные системы, физиологические показатели и реакции организма (психические, сенсорные, двигательные и др.) реализуются максимально наилучшим образом, а окружающая инфраструктура совместима с показателями этих ВВФ.

Основным критерием создания КГУ и повышения стойкости организма человека к ВВФ ЭП являются обеспечение непрерывного протекания тока естественного направления - от головы к конечностям. Реализация таких условий достигается пассивными (одежда, обувь, пол) и активными (адаптивное техническое средство поддержания тока) способами [4].

В гигиенической практике под адаптацией, обычно, принимают форму приспособления, которая возникает в необычных условиях существования организма. Адаптация происходит тогда, когда регуляция недостаточна или она имеет слишком большую физиологическую нагрузку. Повседневные кратковременные реакции приспособления являются скорее реакциями регуляции функций организма, чем адаптации. В нормальных комфортных условиях между организмом и окружающей средой устанавливаются гармонические взаимоотношения. Когда они нарушаются, могут возникнуть различные отклонения (срыв адаптации) функций организма в виде болезни [6].

Сегодня в зарубежных странах обеспечение комфортных электромагнитных условий (КЭУ) является основой при создании «Зеленых домов» и внедрении «зеленых технологий» во все сферы жизнедеятельности. Понятия и регламентации «электромагнитной безопасности» остаются значимыми лишь для энергетических компаний. Строительные компании и изготовители технических средств уже много лет в конкурентной борьбе за потребителя выпускают свою продукцию, гармонизированную с показателями КЭУ, обеспечивая на практике «безопасность энергетики».

Реакция организма человека на изменение электрического поля среды

Среди природных факторов микроклимата ненормируемым является показатель атмосферного давления воздуха (АДВ) окружающей среды. АДВ зависит от явлений погоды в данной местности, высоты подъема над поверхностью земли (уровнем моря) и т.д. Метеозависимые люди жалуются на ухудшение состояния здоровья (самочувствия), связывая его с изме-

нением АДВ относительно предшествующего значения, к которому организм адаптировался.

Изменение погоды сопровождается колебаниями АДВ, воздействием которых, обычно, и объясняют метеотропные реакции, например кардиологических больных. В результате обширных исследований [7] было установлено, что при прохождении атмосферных фронтов и возникновении местных возмущений, разрешающихся в виде осадков, происходит резкое увеличение и изменение направления вектора напряженности электрического поля (НЭП) в приземной атмосфере.

В работе [8] приведены результаты исследований, выполненных в течение 1,5 лет, состояния кардиологических больных в санатории в периоды значительных изменений напряженности электрического поля и атмосферного давления. Основным критерием, наряду с другими, состояния здоровья кардиологических больных, находящихся на лечении в санатории «Сестрорецкий курорт», расположенном на берегу Финского залива, являлось суточное количество обращений за медицинской помощью.

Сопоставление данных наблюдений за резкими изменениями АДВ и девиации НЭП в разные сезоны привело авторов [8] к выводу, что изменение атмосферного давления является сопутствующим, а не влияющим фактором, ответственным за изменение состояния кардиологических больных при смене погоды.

На рис.1 приведен характерный зарегистрированный эпизод изменений напряженности электрического поля и атмосферного давления (НЭП и АДВ), и количества суточных обращений к врачу на протяжении 17-20 февраля 1998 г. Как видно, падение АДВ сопровождалось резкими изменениями НЭП вплоть до изменения знака поля, следующего с большой амплитудой. Эти явления были связаны с циклонической деятельностью и прохождением через Ленинградскую область теплого фронта, обусловившим выпадение осадков. Состояние больных 18 и 19 февраля резко ухудшилось, что видно по росту числа обращений за медицинской помощью.

Не отрицая безусловного воздействия целого комплекса метеорологических факторов (в том числе и АДВ) непосредственно или косвенно влияющих на состояние людей, в частности на состояние кардиологических больных, влияние факторов, обуславливающих значительное изменение напряженности электрического поля (НЭП) атмосферы, по-видимому, является решающим и проявляет себя во все сезоны года. Убедительным доказательством дискомфортных воздействий на живые организмы изменений НЭП в среде обитания каждый индивидуум ощутил на себе и наблюдал реакцию домашних животных во время грозы.

Вариации НЭП в атмосфере (Field EFM) и над крышей (Roof EFM) дома в грозовой период приведены на рис. 2. Эти результаты были представлены на презентации молниезащитных устройств компанией “Lightning Eliminators & Consultants, Inc” (США) в 2009 г. Из рис. 2 следует, что интенсивность НЭП (20 кВ/м) в грозовой период превышает НЭП во время циклонического состояния атмосферы в 25 - 28 раз.

Наиболее опасными периодами в приземной атмосфере становятся моменты воздействия на живые организмы вектора НЭП обратной полярности по сравнению с направлением вектора НЭП «хорошей погоды», т.е. когда положительная полярность вверх. В случае, когда положительная полярность вниз, то индуцированные в теле человека токи текут от ног, рук к голове, т.е. противоестественным путем, вызывая сбои биоритмов центральной нервной системы (ЦНС).

В условиях действия высокого уровня НЭП АЭ или СЭ обратного знака, когда пол помещения (или поверхность среды) является анодом, происходит отток электронов от головы. Ткани организма насыщаются тяжелыми положительными ионами, вызывающими деструктуризацию жидкости (вода, кровь) - образуются кластеры, нарушающие водно-солевой обмен на тканевом и клеточном уровнях. Поэтому во всех условиях действия НЭП (и СЭ) стопы ног не должны быть анодом.

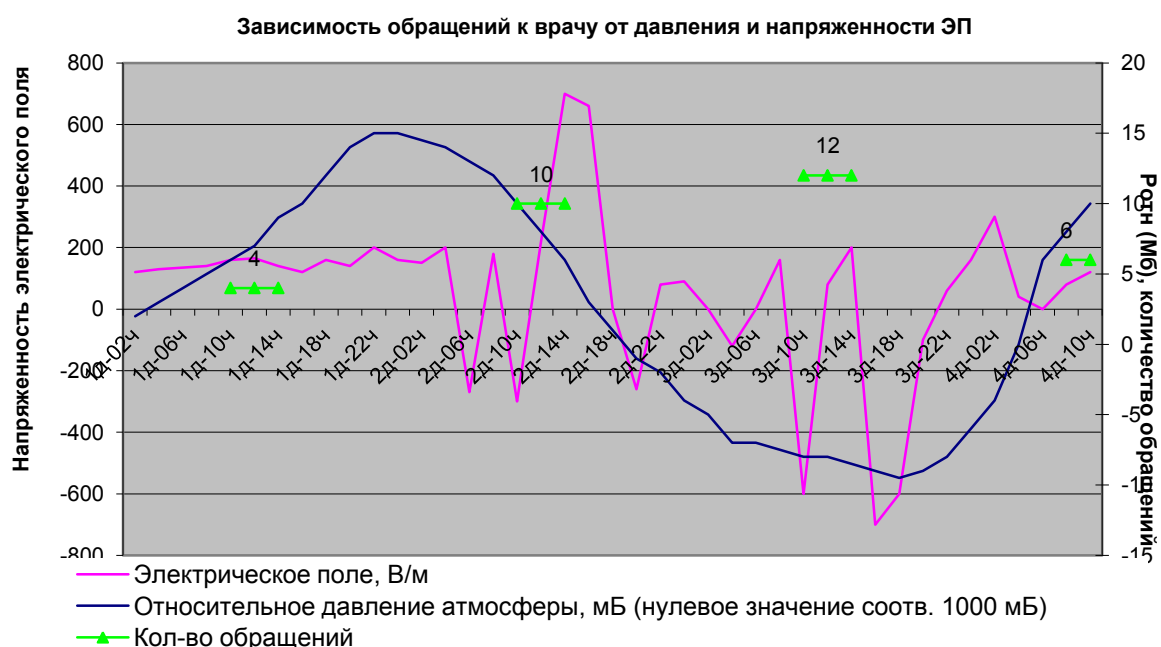


Рис. 1 Характерные зависимости обращений к врачу от напряженности электрического поля

Действие обратной полярности НЭП вызывает изменение аэроионного состава воздушной среды. Легкие отрицательные ионы мгновенно прилипают к положительным зарядам, индуцированным на поверхности земли. В воздухе начинают преобладать тяжелые положительные ионы. Становится трудно дышать. Такое дискомфортное состояние человек испытывает именно в момент изменений НЭП, а не АДВ.

Подобная ситуация происходит в помещении, когда человек ходит по полу, покрытие которого при каждом шаге электризуется положительным электричеством, а время релаксации (утечки) зарядов составляет более 3-х секунд. В результате тело человека в одежде может быть наэлектризовано до десятка киловольт и при каждом соприкосновении с заземленными частями помещения происходит искровой разряд, вызывая шок организма.

Особенно часто такие условия возникают в отопительный сезон, когда в помещении наблюдается пониженная относительная влажность воздуха (ниже 20%), а поверхностное сопротивление покрытия пола (лак, линолеум, ковролин, ламинат и т.п.) составляет более 10^{13} Ом·м. Индуцируемые движением заряды не успевают стекать.

Если не принимать меры по снижению электризации тела и покрытия пола, то заряд на человеке будет постепенно накапливаться. Потенциал тела будет возрастать, вызывая ресинхронизацию биоритмов и нарушение функционирования ЦНС. Кроме того, искровые разряды заряженного тела человека являются причинами многих пожаров, взрывов, отказов РЭС и т.п. [9].

Нормы электростатических полей (ЭСП) СанПиН - угроза жизнедеятельности людей.

Человек теряет работоспособность в течение 2 - 4 часов, если его тело в процессе работы подвергается периодическому воздействию электрических полей и статического электричества обратной полярности полю Земли, напряженностью более 3 кВ/м. В этом авторы убедились на себе и других людях, проверяя рабочие места (более 3000) радиоцехов, офисов, дежурных частей, а также жилых помещений (около 300 неблагополучных квартир) на электростатическую безопасность. По результатам исследований разработано 3-и отраслевых стандартов по СЭ[1,2].

Однако в СанПиН 2.2.4.1191-03 (с изменениями 2009 г.) п. 3.2.6 декларировано: «При напряженности ЭСП менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется». Предельно допустимый уровень (ПДУ) ЭСП установлен 60 кВ/м при времени пребывания менее 1 часа (п. 3.2.3). Такая напряженность в 3-10 раз выше, как это бывает во время грозы (см. рис. 2), когда снижается работоспособность практически всех здоровых людей, а не только метеозависимых индивидуумов.

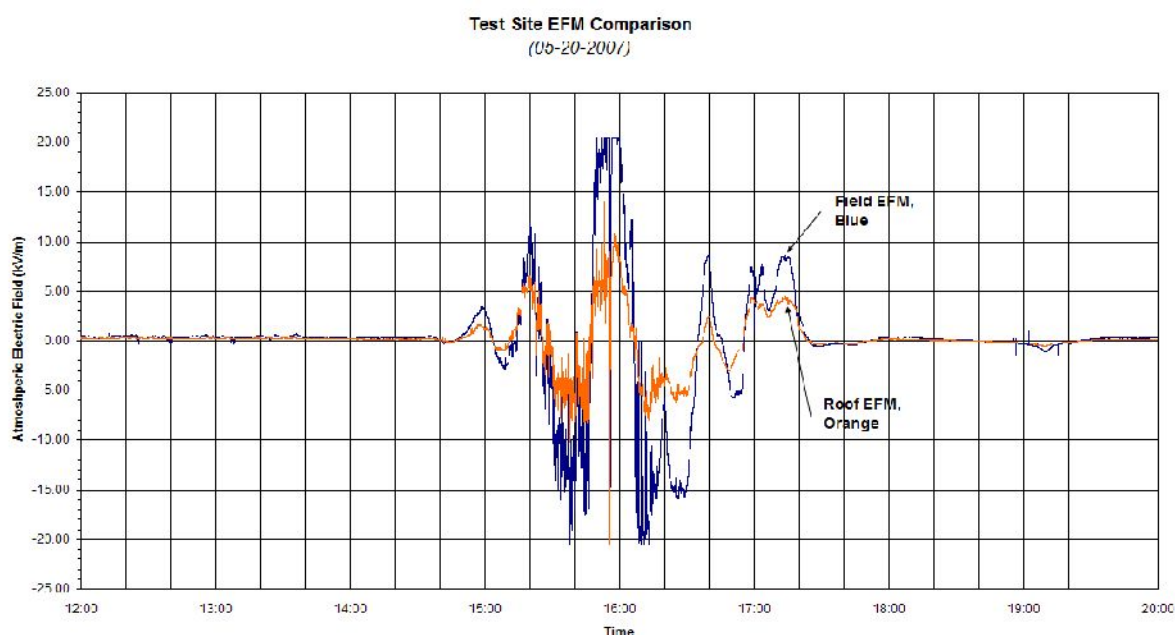


Рис. 2 Изменение напряженности электрического поля в приземной атмосфере (синий тренд) и над крышей дома (красный) в грозовой период

К тому же в СанПиН 2.2.4.1191-03(для профессионалов) и СанПиН 2.1.2.2645-10 (для жилых помещений) приводятся ПДУ ЭСП без указания знака напряженности поля, что является фактом вопиющей безответственности или элементарного непонимания физических особенностей электростатических полей, проявленных разработчиками этих норм- НИИ медицины труда РАМН. Они ссылаются на отсутствие гигиенических регламентов ЭСП в зарубежных странах и якобы низкой значимости фактора ЭСП.

За рубежом нет гигиенических нормативов по статическому электричеству СЭ, потому что безопасность СЭ (и искробезопасность СЭ) там определяется промышленными стандартами (МЭК и др.) по ряду показателей, в том числе по уровню напряжённости электрического поля (НЭП) – 1-3кВ/м (а по СанПиН 20 – 60кВ/м). Там безопасность человека и ТС от воздействий ЭСП обеспечивают путем технических решений, а не манипулирования нормами. Во многих странах (Япония, например) вообще нет гигиенических нормативов, а комфортные условия у них в помещениях и в автомашинах (по электромагнитным факторам) в 3 – 10 раз выше, чем в продукции РФ, выполненной по СанПиН[5]. Разработаны и применяются на практике критерии электромагнитных комфортных условий на рабочих местах и в жилых помещениях[2-5].

Жалобы людей на дискомфортное состояние организма проявляются в моменты пребывания человека в условиях НЭП обратной полярности или в условиях высокой напряженности ЭСП прямой полярности. См. рис. 1 [8].

Установлено, что проведение мероприятий по защите рабочих мест от электромагнитной и электростатической опасности на этапах изготовления изделий, снижает около 3-х раз количество отказов уязвимых элементов радиоэлектронных и технических средств (РЭС и ТС) на этапе эксплуатации. Создание комфортных условий для персонала не менее чем на 50% снижает количество брака продукции, уменьшает число нарушений техники безопасности, технологической дисциплины, повышает производительность труда и т.п. Эти данные были приведены Представителем заказчика по результатам снижения рекламаций приборов навигации спустя 1,5 года после проведения защитных мероприятий в МКБ «Компас». По сообщениям СМИ, только в электронной промышленности США ежегодный ущерб от проблем статического электричества составляет 10 млрд. долларов.

Заключение

Приведенный подход согласуется с результатами исследований воздействий НЭП на людей с ослабленным здоровьем в периоды циклонических изменений атмосферы [8] (рис.1), а также с причинами неадекватного состояния людей во время грозы (рис. 2) и в условиях воздействия напряженности электрического поля (НЭП), вызванных: источниками электростатических полей (ЭСП), строительными материалами, одеждой и др.

Действующие сегодня в РФ, еще с советского времени, нормы ПДУ ЭСП, регламентированные СанПиН, завышены и декларированы без указаний поляризации поля. О возможных последствиях таких промахов в течение десятков лет на миллионах рабочих мест, можно только догадываться.

Библиографический список

1. Рябов Ю.Г., Лопаткин С.М. и др. «Способ контроля электростатической безопасности объекта», авторское свидетельство №1429061 от 23.02.1987, СССР, опубл. в БИ №37, 1988.
2. Рябов Ю.Г. «Некоторые проблемы обеспечения безопасности помещений и рабочих мест испытательных лабораторий ЭМС». «Технологии ЭМС», №4, 2003, с. 27-36.
3. Рябов Ю.Г., Бочков Ю.И., Андреев Ю.В. «Функциональные возможности комплекта регистраторов интенсивности магнитных и электрических полей (РИМП и РИЭП) «Золотой петушок». «Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования». Материалы 3-ей международной конференции 17-24 сентября 2002 г. М.с. 140-141.
4. Шологин О.Н., Рябов Ю.Г., Салихов З.С., Павлов Л.К., Билецкий С.Э. «За пять минут до пожара», «Охрана труда и социальное страхование», вып. 2, 2007, с. 46-50.
5. Рябов Ю.Г., Салихов З.С., Шологин О.Н., Мурашов А.И., Котляров А.А. «Концепция потенциальной электромагнитной безопасности». «Экология и промышленность России», июль, 2005, с. 42-45.
6. Физиология адаптационных процессов (руководство по физиологии). – М., наука, 1986. – 635с.
7. Овчарова В.Ф., Бутырьева Н.В., Швейнова Т.Г., Алешина Т.П., Атмосферное электричество и человек». Труды 1 Всесоюзного симпозиума по атмосферному электричеству, 1976, с. 292-303.
8. Борисенков Е.П., Кобзарева Е.Н., Крушати́на И.А., Никифорова Л.Н., Успенская В.Г., Шварц Я.М. «Значительные изменения градиента потенциала электрического поля атмосферы у земли и метеотропные реакции у кардиологических больных». Научные труды 5-й Российской конференции по атмосферному электричеству. Г. Владимир, 21-26 сентября 2003, с. 136-139.

КОРОНИРУЮЩИЙ ЗАЗЕМЛИТЕЛЬ ДЛЯ СИСТЕМ МОЛНИЕЗАЩИТЫ И ЭНЕРГЕТИКИ

Рябов Ю. Г., Ермаков К. В.

Введение

Заземлители являются одной из самых распространенных, неотъемлемых и ответственных систем электроэнергетики и систем молниезащиты (МЗ) любых объектов, зданий и сооружений. Рассматриваемая идея и конструкция коронирующего (безыскрового) заземлителя (КБЗ), выполненного на новых принципах, защищены патентом на изобретение [1].

Оценка фактов поражений объектов от воздействий молниевых разрядов (МР) показывает, что около 50% случаев аварий, взрывопожарных ситуаций, отказов радиоэлектронных средств вызваны недостатками заземляющих устройств. Существующие рекомендации по выбору устройств заземлителей декларированы только для стационарных токов и импульсов мили- и микросекундных длительностей, характерных для энергетических объектов, где искроопасность в 1000–10000 раз ниже, чем в нефтегазовых, радиоэлектронных, оборонных и др. структурах [2]. Основные функции заземлителей электроустановок, зданий и сооружений, как правило, обусловлены электробезопасностью, растеканием токов короткого замыкания, отводом токов, вызванных процессами коммутации, уравниванием и выравниванием потенциалов.

МР среди всех других природных и техногенных факторов является наиболее распространенным и опасным импульсным энергетическим воздействием по показателям: амплитуды тока до 200 кА, скорости нарастания тока до 200 кА/мкс, переносимому заряду до 100 Кл и до 30-ти импульсов, следующих в одном разряде [2]. Считается, что если заземлитель выполнен для отвода тока МР, то он может быть эффективно использован и для стока токов других воздействующих энергетических факторов.

Существующие нормативные сосредоточенные заземлители молниеотводов представляют собой систему вертикальных заглубленных в грунт металлических электродов (трубы, плоская шина, уголок), соединенные между собой горизонтальными электродами. При воздействии тока МР с электродов происходят искровые разряды (ИР) в грунт при высоких напряжениях пробоя, сопровождаемые механическими перемещениями электродов (виброудар), уплотняющими грунт. Из-за образовавшегося воздушного зазора последующие разряды происходят при увеличенных напряжениях искрового пробоя. Например, при токе МР $I_m = 12$ кА в вертикальных электродах напряжение пробоя достигает 300 кВ. См. рис.1 (рис. 10.13[3]), где Z – импульсное (волновое) сопротивление электрода в грунте (почве), Ом.

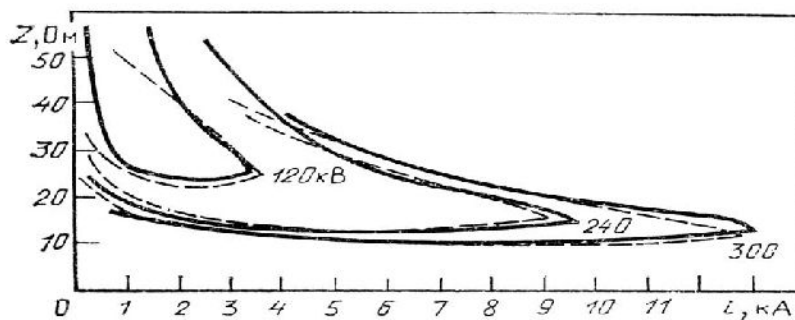


Рис. 1. Сравнение опытных и расчетных значений напряжения, тока и сопротивления вертикального электрода во время прохождения импульсной волны (верхняя часть кривой при возрастании тока, нижняя – при его снижении); ————опыт; -----расчет [3].

Максимальная энергия, которая может быть выделена в электродах заземлителя при разряде в грунт тока 12 кА, действующего, например, в течение 100 мкс при напряжении 300 кВ, составит $W=360$ кДж. Эта энергия, сопоставимая с энергией небольшого артиллерийского снаряда, вызовет виброудар и механические колебания электродов на своих резонансных частотах, уплотняющие грунт. В образовавшийся зазор затекает вода. Воздействие влаги на поверхности электродов увеличивает напряжение порога искрового разряда, ускоряет механизмы электрохимической коррозии (стр. 300[3]).

Так называемые «Химические» заземлители обеспечивают снижение удельного сопротивления в линейном режиме. Но в нелинейном режиме, из-за низкой подвижности тяжелых ионов электролитов, искровой разряд происходит при повышенном уровне напряжения в результате задержки развития начала пробоя. В химических заземлителях имеют место проблемы коррозии, эрозии и экологии.

Максимальная амплитуда напряжения U , действующая на поверхности земли на входе в заземлитель может достигать сотни – тысячи киловольт. Высокая напряженность электрического поля (ЭП) на поверхности (кривизны) круглых электродов вызовет сначала тихий, тлеющий (линейный режим) и затем коронный разряд (КР) (нелинейный режим). Процесс развития КР существенно влияет на электрические характеристики заземлителя:

- ионизация грунта вокруг электрода увеличивает эквивалентную емкость заземлителя;
- снижается гальваническое и входное волновое сопротивления;
- расширяется полоса пропускаемых частот;
- возрастает затухание (поглощение энергии) тока МР в грунте;
- уменьшается градиент потенциала на поверхности земли, в том числе и за счет рационального согласования волнового сопротивления с сопротивлением токоотвода и т.п.

КР происходит, когда на поверхности металла действует неоднородное ЭП напряженностью 10^5 – 10^6 В/м. При напряженности ЭП более 10^9 В/м. происходит автоэлектронная (туннельная) эмиссия электронов [4]. Эффективность заземлителя наилучшим способом реализуется в нелинейном режиме, когда происходит КР, но еще не переходящий в искровой разряд. При повышении крутизны (du/dt) фронта воздействующего импульса напряжения соответственно увеличивается скорость нарастания напряженности ЭП на поверхности электрода, что вызывает ускорение начала процесса ионизации грунта.

Коронирующий безыскровой заземлитель (КБЗ)

КБЗ обеспечивает безыскровое стекание в грунт не только тока МР, но и тока импульсов длительностью до единиц наносекунд от воздействий других электромагнитных факторов. КБЗ относится к средствам защиты объектов 12 (рис.2-4) различного назначения при прямом или близком воздействии МР, ЭМИ, коротких замыканий, коммутаций и разрядов статического электричества. Безыскровое стекание обеспечивается путем отвода тока через проволочные острия 2, инициирующие тлеющий, коронный и дуговой разряды в грунт начиная от напряжений 50–100 В.

Центральный вертикальный электрод 1 (рис. 2) КБЗ, расположен в грунте 14. Верхняя часть 9 выполнена в виде проволочного купола 5 и соединена с молниеотводом. Нижняя часть 1 соединена через лучеобразные горизонтальные электроды 8 с двумя – четырьмя заглубленными внешними вертикальными электродами 6 (рис. 3), которые соединены плоскими шинами 7 с плоской шиной 11, образующей контур защищаемой площади (рис. 4), а нижние концы 3 вертикальных электродов (1,6) имеют вырезанные наружу клинья 3, расположенные в объеме искропоглощающей смеси 4, размещенной на бетонитовом (полупроводящим) основании 13.

Для каменистых грунтов предлагается конструкция КБЗ, выполненная в виде центрального укороченного вертикального электрода, расположенного выше уровня грунта. Верхняя часть электрода соединена с молниеотводом, а нижняя его часть соединена с не менее чем тремя горизонтальными электродами по лучевой схеме, уложенными в насыпной грунт, причем нижние концы электродов с вырезанными наружу клиньями расположены в коробе со смесью, стимулирующей и поглощающей искровые разряды.

Технический результат КБЗ заключается в использовании проволочных острий, диффузно рассеивающих переменные токи и импульсные токи в воздушные включения и в грунт без искровых разрядов путем одновременного стекания зарядов со всей поверхности заземляющих элементов. Над остриями возникают объёмные заряды, создающие в пространстве вокруг электрода расширяющуюся ионизированную зону. Проводимость зоны повышается по мере ионизации пространства увеличивающимся током. При воздействии импульсов большой длительности затухание токов происходит

также за счет микроразрядов в засыпной смеси металлических опилок, угля и песка.

Затухание напряжений высокой крутизны нарастания осуществляется за счет снижения импеданса в обоих направлениях при протекании тока снизу и сверху по эквипотенциальным поверхностям купола, выполненным по кривым профиля Роговского (Фелиси). Горизонтальные электроды препятствуют протеканию к центральному электроду зарядов, индуцированных, например, грозовой тучей в поверхностном ($\sim 0,3$ м) слое грунта. Блокирование происходит за счет токов смещения при взаимодействии этих поверхностных напряжений с остриями электродов, потенциал которых соответствует потенциалу нижних слоев земли.

Острия могут быть покрыты электроположительным веществом типа окиси бария, снижающим энергию работы выхода электронной эмиссии тока с остриев до 2–3 эВ [4].

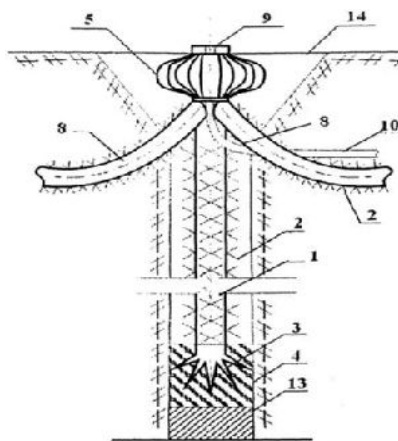


Рис.2. Центральный электрод КБЗ в монтажном колодце

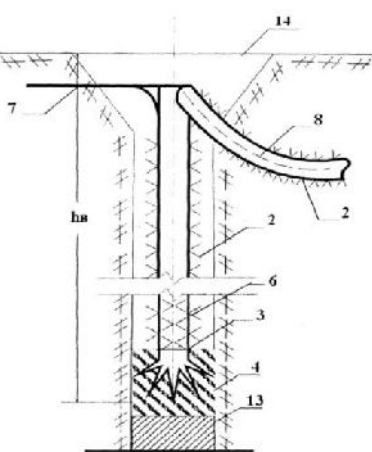


Рис.3. Внешний электрод КБЗ в монтажном колодце.

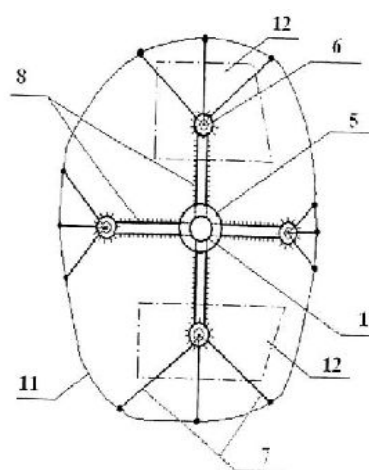


Рис.4. План размещения электродов (2-4-6) и шин на защищаемой площади.

После резкого прекращения воздействующего тока, через КБЗ в течение нескольких микросекунд будет протекать (поддерживаться) в том же направлении ток, вызванный стеканием через острия объемного заряда ионизированного пространства грунта. Необходимо отметить, что в момент прекращения тока по закону коммутации напряжение на входе заземлителя скачком изменит свою полярность на обратную. Чтобы исключить возможность вспышки КР от таких воздействий, амплитуда (градиент) напряжения скачка будет ограничиваться благодаря рассеивающим свойствам купола, установленного вверху центрального электрода, путём растекания тока по поверхности купола,

При применении заявленной конструкции элементов следует ожидать возможные характеристики КБЗ:

- разряд токов от единиц микроампер до единиц ампер с каждого острия (динамический диапазон не менее 10^5 раз);
- задержка начала процесса ионизации (предразрядное время) – 20–50 наносекунд (в нормативном заземлителе задержка искрового разряда – единицы–сотни микросекунд [3]);
- эффективность использования поверхности электродов – более 10 раз;
- ограничение амплитуды импульсных напряжений микросекундной и наносекундной длительности не более 600 В, что допустимо НД для электросетей 0,4кВ и 0,22кВ;
- существенное снижение удельного импульсного сопротивления Z заземлителя;
- малая зависимость показателя удельного импульсного сопротивления Z от сезонных условий и характера грунта;
- снижение возможности появления восходящих разрядов, искровых разрядов вдоль поверхности грунта за счет использования рассеивающих свойств купола и особенности коронирующих горизонтальных электродов, стягивающих с защищаемой площади заряды, индуцированные грозовой тучей [5,6];
- снижение возможности механических и электрических резонансных явлений в КБЗ за счет различной длины горизонтальных электродов и применения сыпучей искроуразрядной смеси в качестве «развязанного фундамента» для вертикальных электродов.

Заключение

Экономическая эффективность и эффективная безопасность защищаемых объектов от применения коронирующего безыскрового заземлителя обеспечивается за счет:

- Компактности устройства;
- исключения наземных и подземных искровых разрядов, превышающих энергию воспламенения углеводородных фракций и вызывающих отказы и деградацию уязвимых элементов электронных средств;
- исключения возникновения восходящих стримеров, стартующих от заземлителя, при грозе и воздействии ЭМИ;
- снижения в 10-100 раз заноса потенциала импульса по цепям вторичных источников питания, управления и связи при воздействиях МР, коротких замыканий, коммутаций токов и ЭМИ;
- сокращения количества нормативных проверок сопротивлений заземлителей (закопал и забыл);
- применения КБЗ для повышения эффективности отдельно стоящих молниеотводов и создание отдельных молниевых ловушек, размещаемых вне площади защищаемых объектов, и защиты, например, лесных массивов от пожаров, вызванных сухими грозами;

- повышения коррозионной и экологической долговечности;
- снижения затрат на ремонт и обслуживание средств (и послеаварийных).

Технология сборки и монтажа КБЗ приведены в [1]. Описание КБЗ для систем МЗ приведено в [5]. Применение устройства КБЗ совместно с системой МЗ, оснащенной купольно-конусным молниеприемником, блокирующим развитие восходящих и нисходящих МР в защищаемый объект, приведено в [6].

Библиографический список

1. Патент на изобретение «Безыскровой заземлитель (варианты)» № 2462802 с приоритетом от 30.03.2011г. Оpubл.:27.09.2012 г. Бюл. №27.Авторы: Рябов Ю. Г., Ермаков К. В.(RU)
2. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. Утв. приказом Минэнерго России 30.06.2003 г. №280, с.66.
3. Бургсдорф В. В., Якобс А. И. «Заземляющие устройства электроустановок». М.: Энергоиздат, 1987. – с.400.
4. Г. Мирдель. Электрофизика. (Пер. с немецкого под ред. В. И. Раховского). Изд. «Мир». М., 1972, с.608.
5. Ермаков К.В., Рябов Ю.Г., «Обеспечение эффективного безыскрового заземления для систем молниезащиты». «Труды 9-го международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии». 13-16 сентября 2011г., С.-Петербург, с.100-101.
6. Патент на изобретение №2456727 от 20 июля 2012г.(RU). «Способ молниезащиты и устройство для его реализации». Авторы: Рябов Ю. Г., Тюренков С. Н.

УДК: 681.586.6

ДАТЧИК ТЕРМОМАГНИТНОГО ГАЗОАНАЛИЗАТОРА НА КИСЛОРОД

Рязанов А. В., к.т.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Крупин М. В., старший преподаватель, Академия ГПС МЧС России,
Москва, Россия

Современное состояние аналитического приборостроения характеризуется как большим разнообразием задач газового анализа, так и широким диапазоном требований к условиям работы газоанализаторов. Предъявляются новые требования к газоанализаторам, такие как требования длительной работы приборов без обслуживания, минимальной погрешности при

больших диапазонах изменения условий эксплуатации: температуры, давления, изменения ускорения свободного падения, большом количестве и различии неизмеряемых компонентов.

Проверка на кислород очень важна при работе технического персонала в замкнутых помещениях объектов энергетики, так как для входа в такие помещения без защиты органов дыхания техническому персоналу требуется наличие нормальных концентраций кислорода в воздухе для дыхания. Газоанализатор кислорода в рабочей зоне объекта энергетики определяет пригодность воздуха для дыхания технического персонала.

Принцип работы термомагнитных газоанализаторов кислорода в газовой смеси основан на использовании явления термомагнитной конвекции кислородосодержащего газа в неоднородном магнитном поле при наличии в нем температурного градиента. Сила термомагнитной конвекции зависит от достаточно большого числа параметров, не имеет максимума и существенно зависит от произведения $H \cdot dH/dx$. Это обстоятельство вызывает необходимость моделирования структуры магнитного поля постоянных магнитов измерительной системы газоанализатора с целью определения оптимальной формы магнитов и оптимального расположения чувствительных элементов относительно магнитов для получения максимального значения силы термомагнитной конвекции. При этом исключается влияние теплопроводности неопределяемых компонентов смеси и давления а, следовательно, достигается максимальная чувствительность прибора.

Известные газоанализаторы имеют в качестве чувствительных элементов стеклянные капилляры диаметром приблизительно 0,5 мм, на которые наматывалась платиновая проволока без изоляции, а сверху на эту конструкцию надевалась еще одна стеклянная трубка [1]. Такая конструкция имела диаметр около 2 мм, длину 10 - 12 мм. Чтобы разогреть такую конструкцию до требуемых температур, необходимо использовать достаточно большую мощность источника питания. Кроме того, из-за габаритных размеров элементов требовалось применение массивных магнитов и двухмостовых измерительных схем, что приводило к значительному увеличению габаритно-массовых характеристик. Кроме того, данные газоанализаторы имеют сильно выраженную нелинейную характеристику, что затрудняет калибровку прибора.

Чувствительный элемент предлагаемого газоанализатора [2] представляет собой спираль микропровода из 5-6 витков, с диаметром жилы 10-12 мкм в сплавленной термостойкой оболочке 1-1,5 мкм, сопротивлением 32-36 Ом, установленный в зазор постоянных магнитов, выполненных из электротехнической стали с высоким значением магнитной проницаемости. Спираль чувствительного элемента приваривается на токопроводящие проводники, установленные в транзисторные стойки. Такой чувствительный элемент имеет малые, почти точечные размеры, что позволяет устанавливать их в любое место магнитной системы. Для обеспечения высокого уровня чувствительности необходимо найти такое расположение элементов в магнитном поле постоянных магнитов, в котором термомагнитная сила

будет максимальной, а следовательно, будет максимальным поток кислорода, обтекающего чувствительный элемент.

Оптимизация размеров и конфигурации магнитной системы прибора термодинамической конвекции газов проводилась с использованием программы ANSYS [5], которая является наиболее мощным средством расчета магнитных и др. полей. В программе ANSYS была построена двумерная расчетная модель, оптимизация размеров и конфигурации которой проводится методом планирования эксперимента [3].

Как показали результаты экспериментальных исследований [4], кривая $H \cdot dH/dx$ около максимумов имеют очень крутые характеристики. Поэтому необходимо чувствительные элементы располагать в местах, где $H \cdot dH/dx$ максимально.

По результатам проведенных экспериментальных и теоретических исследований трех вариантов магнитной системы был обоснован выбор вариантов конструкции магнитной системы, обладающих максимумом целевой функции оптимизации $H \cdot dH/dx$ [4].

Полученные результаты физического моделирования показывают, что зависимость выходного напряжения моста разработанной измерительной системы имеет линейный характер во всем диапазоне изменений концентраций кислорода и при различном пространственном расположении измерительной системы в отличие от существующих термомагнитных газоанализаторов, характеристики которых существенно нелинейны.

Разработанная структура измерительной системы достаточно проста, технологична и компактна. Все детали доступны и имеют низкую стоимость. Питание может быть обеспечено от малогабаритных аккумуляторов. Использование платиновых чувствительных элементов позволит обеспечить более длительный период эксплуатации по сравнению с электрохимическими чувствительными элементами. Предлагаемая измерительная система может успешно использоваться для разработки малогабаритных термомагнитных газоанализаторов кислорода в газовых смесях.

Таким образом, появляется возможность создания газоанализатора, обладающего положительными свойствами термомагнитных газоанализаторов - простота в изготовлении, высокая чувствительность, но обладающего более высокой точностью и независимостью показаний от состава неизмеряемых компонентов. Добиться таких результатов стало возможно благодаря новым методам, которые позволили создать миниатюрные чувствительные элементы из микропровода, уникального изделия, созданного на базе термостойкой изоляции.

Библиографический список

1. Автоматические газоанализаторы. Под ред. Павленко В.А. М. ЦИНТИЭЛЕКТРОПРОМ, 1961. 600 с.
2. Рязанов А.В., Антонов СВ., Докичев А.Н. Измерительная система газоанализатора кислорода в газовой смеси. Патент Р.Ф. на полезную мо-

дель № 71771 2008 г.

3. Асатурян В.И. Теория планирования эксперимента. - М.: Радио и связь, 1983.-248 с.

5. Крупин М.В., Зыков В.И. О термомагнитном принципе детектирования кислорода в газовых смесях // Пожары и ЧС. – 2012. - № 3. С. 19 – 23.

16. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. - М.: Едиториал УРСС, 2003. - 272 с.

УДК: 53.043

ВАРИАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ И ИОННОЙ ПЛОТНОСТИ ИОНОСФЕРЫ В ПЕРИОД ПОВЫШЕННОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Скрипачев В.О., НТЦ «Космонит» ОАО «Российские космические системы», Москва, Россия

Природные явления, предшествующие сильным землетрясениям, проявляются не только в литосфере и в атмосфере, но и ионосфере, где они наблюдаются за несколько часов или дней до землетрясения.

Для изучения явлений, относящихся к землетрясениям и возбуждающих электромагнитные волны в верхней атмосфере, по заказу Французского Космического Агентства (CNES) 29 июня 2004 г. в 6:30 (UT) с космодрома Байконур на круговую орбиту ~ 700 км был запущен малый (массой ~ 130 кг) КА «DEMETER» (Detection of Electro-Magnetic Emissions Transmitted from Earthquake Regions) для обнаружения электромагнитной эмиссии над сейсмоактивными регионами.

В составе установленной на борту КА DEMETER научной аппаратуры, имеется Лэнгмюровский зонд ISL для измерения электронной температуры и концентрации электронов и ионов в ионосферной плазме.

Известно, что интенсивность ионосферных предвестников землетрясений находится в зависимости от местного времени. В работе [1] отмечалась модификация экваториальной аномалии не только на высотах максимума слоя F2 ионосферы, но и во всей внешней ионосфере, что является следствием вертикальной перестройки распределения околоземной плазмы над регионом будущего землетрясения, причем эти изменения ярко проявлялись лишь в определенные интервалы времени: до восхода в 4-5 ч LT и в послеполуденные часы: с 14-18 ч LT. Однако с учетом баллистических характеристик КА DEMETER измерения бортовой аппаратурой выполнялись в ~10 LT и ~22 LT.

Для оценки ионосферных возмущений по данным National Earthquake Information Center (<http://eqint.cr.usgs.gov/neic>) были отобраны землетрясения в период с 14.11.2007-15.11.2007 в районе Чили. В указанный период в

названном регионе наблюдался «рой» землетрясений, включающий 25 землетрясений, эпицентры которых располагались на достаточно близком расстоянии (менее 1 градуса по широте и долготе). При этом три землетрясения обладали магнитудой $M > 6.0$, характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики землетрясений

№ п/п	Дата и время	Широта, гр.	Долгота, гр.	Глубина, км	Магнитуда
1	2007-11-14 15:40:50,5	-22,247	-69,89	40	7,7
2	2007-11-15 15:03:08,8	-22,867	-70,407	27	6,3
3	2007-11-15 15:05:58,4	-22,925	-70,237	26	6,8

Файлы исходных данных КА DEMETER на временном интервале $[-5; +2]$ суток относительно дня землетрясения, предоставлены Centre de Données de Physique des Plasmas. Для преобразования данных уровня N1 и уменьшения объема анализируемых исходных данных отбирались траектории пролета КА, отстоящие от эпицентров на расстоянии 2ρ . Расчет расстояния ρ был проведен с учетом оценки зоны подготовки землетрясения [2]:

$$\rho = 10^{0.43M},$$

где ρ – радиус зоны подготовки землетрясения;
 M – магнитуда предполагаемого события.

Необходимо отметить, что для землетрясения с $M=7,7$ расстояние $2\rho=4000$ км, но с учетом географической и временной близости эпицентров двух других землетрясений было принято $2\rho=1300$ км.

При анализе данных учитывалась геомагнитная обстановка в период с 9.11.07-19.11.07. На Рис. 1 показан ход среднесуточного K_p -индекса (<http://spidr.ngdc.noaa.gov/spidr>). Как видно из рисунка в анализируемый период геомагнитная обстановка была спокойной.



Рис. 1 Ход среднесуточного K_p -индекса

Для электронной, ионной плотности, а также электронной температуры рассчитывались оценка математического ожидания $\tilde{m}$ и среднее квадра-

тическое отклонение σ . Построены границы доверительного интервала с вероятностью $\beta=90-95\%$ [3]. Через величину $t_\beta=1,79$ доверительный интервал выражается в виде:

$$I_p = (\tilde{m} - t_\beta \sigma; \tilde{m} + t_\beta \sigma)$$

Анализ результатов показал, что за пять дней до землетрясения возросла концентрация электронов N_e и ионов N_i в локальной области, приближенной к эпицентрам. За три дня до начала «роя» землетрясений наблюдается резкое падение концентрации электронов N_e и ионов N_i (Рис. 2а,б). Также за три дня понижается температура электронов T_e (Рис. 2в). Полученные эффекты хорошо согласуются с результатами других авторов [4].

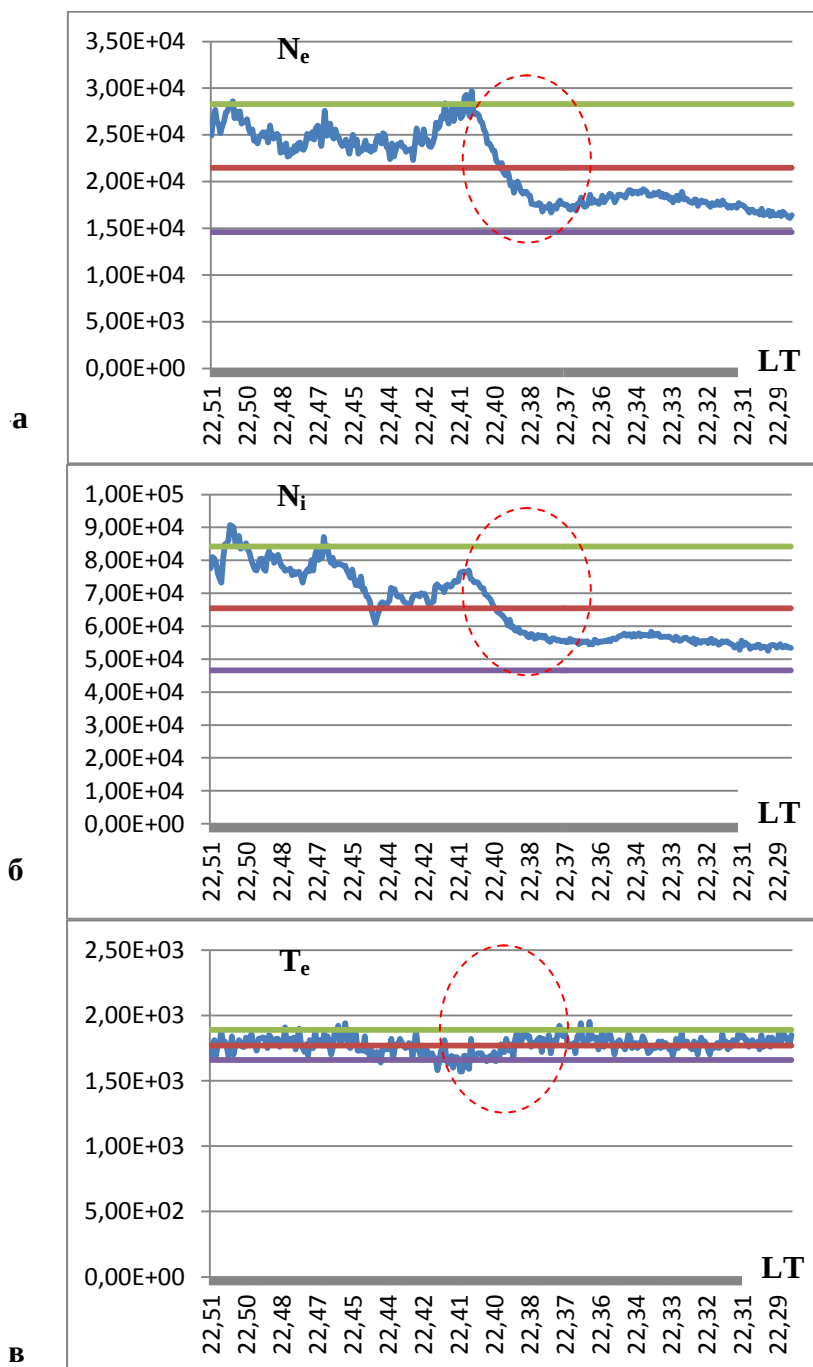


Рис. 2 Концентрация электронов N_e (а), ионов N_i (б), температура электронов T_e (в).

Таким образом, рассмотрены параметры, измеряемые с борта КА DEMETER прибором ISL перед роом землетрясений. В «рой» входило свыше двух десятков землетрясений, в том числе три сильных ($M > 6$). Отмечены существенные вариации электронной и ионной концентрации, а также температуры электронов за несколько дней в зоне, прилегающей к районам эпицентров надвигающихся землетрясений. Разработана методика обработки данных КА DEMETER для анализа ионосферных возмущений, в том числе обусловленных подготовкой сейсмических событий.

Автор выражает благодарность CDPP за предоставленные данные.

Библиографический список

1. Пулинец С.А., Легенька А.Д., Зеленова Т.И. Зависимость сейсмо-ионосферных вариаций в максимуме слоя F от местного времени // Геомагнетизм и аэрономия, т. 38, №3, 1998, с. 188-193.
2. Dobrovolsky I.P., Zubkov S.I. and Miachkin V.I.: 1979, Estimation of the size of earthquake preparation zone, Pure Appl. Geophys. 117, 1025-1044.
3. Теория вероятностей: Учеб. Для вузов/ Е.С. Вентцель. – 8-е изд. – М.: Высш. шк., 2002. – 575 с.
4. M. Akhoondzadeh, M. Parrot, M. R. Saradjian, Electron and ion density variations before strong earthquakes ($M > 6.0$) using DEMETER and GPS data, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 7–18, 2010.

СЕКЦИЯ №8: ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ

УДК: 378.1

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕРЕВОДЧИКА В СФЕРЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ В РАМКАХ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

*Богущ Н.Б., к.ф.н., доцент каф. иностранных языков, МГТУ МИРЭА,
Москва, Россия*

В настоящее время в вузах нашей страны активно идет процесс перехода на новую модель подготовки кадров, предложенную федеральными государственными стандартами высшего профессионального образования. Основой предлагаемой модели является компетентностный подход при подготовке специалистов. Как отмечается в коммюнике министров образования стран участниц Болонского процесса, в качестве приоритетов на 2012-2015 годы ставится изучение иностранных языков с целью их использования в профессиональной сфере, в связи с постоянно увеличивающейся мобильностью специалистов.

В МГТУ МИРЭА в рамках получения дополнительной квалификации ведется подготовка специалистов-переводчиков в сфере профессионального общения по основным европейским языкам. Практика подготовки специалистов-переводчиков по французскому и английскому языкам позволяет сделать некоторые обобщения.

Несмотря на достаточно полную разработанность структуры содержания обучения согласно компетентностной модели и большое количество публикаций по разным аспектам проблемы, в образовательной практике возникает множество смыслов, различных контекстов в практической реализации компетентностного подхода. Во-первых, обучение языкам специальности невозможно без знания и учета многочисленных особенностей этих «специальных» языков, представляющих собой особую функциональную разновидность национального языка, посредством которой осуществляется профессиональная коммуникация и изучением которых занимается теория языка для специальных целей. С началом планомерного описания различных языков в плане их функционально-стилистических особенностей, в частности изучением языка профессиональной сферы общения в разных странах появляются такие терминологические названия как Fachsprachen (предметные языки) в Германии, Languages for Special Purposes (LSP) , English for Special (Specific) Purposes (ESP) в англо-

американских лингвистических и лингво-методических работах, *Langues de specialite* во Франции. В научной литературе для обозначения данного понятия можно встретить разные терминологические наименования: специальный язык, профессиональный язык, отраслевой язык, подязык, субязык, регистр.

Представляет интерес работа А.Л. Назаренко «Проблемы оптимизации понимания и преподавания языка для специальных целей». Автор дает подробный анализ формирования и развития теории языка для специальных целей, на основе которого делается вывод о том, что зарубежные исследователи языка для специальных целей в основном уделяют внимание только подходам к обучению (*Learning-centered Approach*), не затрагивая рассмотрения собственно лингвистического аспекта, функционально-стилистических, жанровых, региональных особенностей. Любой язык профессионального общения весьма неоднороден и вариативен с точки зрения его грамматической организации, лексического наполнения, фонетических особенностей. Учитывая это, представляется целесообразным, наряду с курсом «Страноведение», направленного на ознакомление со всем многообразием страны изучаемого языка ввести чисто лингвистический курс «Введение в языкознание». При этом, несомненно, он должен быть обязательно адаптирован и нацелен на выполнение задач обучения языку в профессиональной сфере общения.

Так, например, во Франции, учитывая факт постоянно растущей мобильности специалистов разных сфер деятельности, необходимости использования французского языка в межкультурном деловом общении, Международный центр педагогических исследований в Севре учредил новые специальные дипломы по оценке уровня владения французским языком в профессиональной сфере.

Delf Pro A1, Delf Pro A2, Delf ProB1, Delf ProB2. Эти четыре вновь созданных диплома отличаются от предыдущих и являются каждый самостоятельным документом. Каждый диплом включает в себя определенные требования по оценке компетенций в области того или иного профессионального языка и включает в себя четыре оценочных компонента: понимание устной и письменной речи, навыки говорения и навыки владения письменной речью.

Следует отметить, что подготовка специалистов переводчиков в сфере профессиональной деятельности проводится согласно принципу коммуникативной направленности, выражающемуся в том, что основным объектом является речевая деятельность или общение на изучаемом языке в различных видах речевой деятельности. Применительно к профессиональной деятельности переводчика данный принцип направлен не только на формирование коммуникативной составляющей переводчика, но и на формирование специальной, социальной и личностной составляющих, которые формируются в процессе выполнения определенных профессиональных задач. Такая прагматическая направленность на подготовку к профессиональной практической деятельности стала одной из важных осо-

бенностей процесса обучения мастерству переводчика в сфере профессиональной коммуникации.

Хотелось бы обратить внимание на то, что под профессиональной коммуникацией современные исследователи понимают коммуникацию в рамках определенной профессиональной сферы, разграничивая при этом коммуникацию в процессе обучения профессии, коммуникацию для решения профессиональных задач, коммуникацию в процессе деятельности. Учитывая тот факт, что студенты, получающие дополнительное образование «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» обладают различным уровнем подготовки, и максимально загружены работой в рамках получения своего основного образования, а также принимая во внимание достаточно сжатые сроки подготовки переводчика-профессионала, создается необходимость четкой профессиональной ориентации всех изучаемых дисциплин на выполнение профессиональных задач, как в области устной, так и письменной коммуникации, разработке гибких и легко варьируемых модулей, отвечающих тем или иным запросам в плане формирования компетенций.

В методике, как известно, существуют комплексный и последовательный пути формирования умений. В ходе проводимой нами работы для успешного достижения поставленных задач, формирование профессиональных умений переводчика осуществляется в определенной последовательности. Путь последовательного формирования умений предлагает формировать не комплекс умений, а какое-либо одно умение, путем показа соответствующего речевого действия, которое лежит в основе отрабатываемого умения. Это делает работу целенаправленной, позволяя контролировать сформированность каждого умения в отдельности и избежать на продвинутом этапе трудностей, связанных с несформированностью отдельных умений.

При подготовке к деятельности переводчика в профессиональной среде по французскому языку, учитывая потребности и личностные особенности контингента обучаемых, мы также старались опираться на опыт своих коллег, в частности, Гавриленко Н.Н., предлагающую определенный алгоритм действий в процессе работы, включающий в себя четыре последовательных этапа: профессионально ориентирующий, аналитический, синтезирующий и корректирующий. Практика показывает, что знания и умения профессиональной компетентности целесообразно формировать на основе специального дискурса, который позволяет учитывать все многообразие факторов: предметных, лингвистических, исторических, социокультурных, постепенно переходя от общенаучного к узкоспециальным подвидам, а затем к жанрам специального дискурса, типичным для деятельности переводчика в профессиональной сфере.

В заключение хотелось бы еще раз подчеркнуть тот факт, что в сложившихся на рынке труда условиях, требования все в большей степени предъявляются не к конкретным знаниям, а к компетенциям специалиста.

При этом, в целом вся система образования ориентируется на общекультурное развитие личности обучающегося.

Библиографический список

1. Зимняя, И.А. Общая культура и социально-профессиональная компетентность человека / И.А. Зимняя // Высшее образование сегодня, 2005, № 11. – с. 14-20.
2. Cecile Canon (France) Delf Pro Une reponse au developpement de la mobilite professionnelle /Cecile Canon // Le francais dans le monde / 2011 № 375 MAI-JUIN / – p. 30-31.
3. Н.Н. Гавриленко Обучение переводу в сфере профессиональной коммуникации: Монография. – М.: РУДН, 2008. – с. 175.

УДК: 174

О НЕОБХОДИМОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЭТИКИ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Гладышева Е.В., к.ф.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Современная философско-этическая ситуация в России характеризуется наличием и противоборством двух парадигм: этического релятивизма, порожденного культурой постмодерна, признающего относительность моральных норм, и противоположного ему фундаментализма, постулирующего наличие абсолютных моральных законов.

Постмодернизм защищает свободу индивида («либерализм»), а отсюда плюрализм любых ценностей, в том числе и моральных. При этом отрицается иерархия ценностей, и на первое место в современной культуре выходят, как правило, материальные (экономические) ценности. «Возведение финансово-экономической реальности в ранг основной, если не единственной, социальной реальности, способствуют тому, что разговоры о нравственных основаниях общества воспринимаются как несерьезные и даже неприличные» [1]. О том, что «экономика возводится в статус науки о человеческом поведении», и даже появился новый термин «Человек Экономический» как отражающий идеал современного человека, пишет А.А. Горелов [2, С. 45]. В современном мире на первое место ставятся материальные (экономические) выгоды. СМИ усиленно формируют идеал человека-потребителя материальных благ. Гедонизм (наслаждение) любой ценой трактуется как цель и смысл жизни. Главная ценность – деньги и приобретаемые на них материальные блага, гарантирующие комфорт потребителю.

Формируются индивидуализм и эгоизм. Таким образом, этика или подменяется экономикой как наукой о выгодном материальном поведении, или постулируется плюрализм этических норм, их зависимость от частных интересов. Релятивизм как этическая парадигма отрицает наличие абсолютного добра и зла.

Фундаментализм можно охарактеризовать как постулирование наличия фундаментальных духовных ценностей, которые главенствуют над материальными (экономическими). Для этики это означает, что есть абсолютные моральные нормы, нарушение которых ведет к бедам самого человека, или его семьи и рода, или всего общества в целом. Фундаментализм рассматривает общество не как совокупность изолированных индивидов, а как взаимозависимое сообщество ответственных частей одного целого. Эти фундаментальные моральные нормы в истории философии считались или выработанными общечеловеческой культурой, традицией (как, например, в «этике ритуала» у Конфуция; «этике долга» Иммануила Канта), так и данными непосредственно Богом (например, 10 заповедей, данные израильскому пророку Моисею на горе Синай). Не рассматривая вопрос о происхождении универсальных этических норм, представляется важным вспомнить, что в истории философии было достаточно много этических систем, признающих моральные нормы фундаментальными, абсолютными для всех.

Анализируя современную российскую ситуацию, можно провести параллель с античной историей, когда парадигма релятивизма сменялась парадигмой фундаментализма: это различие философских установок софистов и Сократа. Софисты считали добро и зло относительными понятиями, зависящими от личной выгоды участвующего в философском споре. Вспомним, что название «софист» в истории философии приобрело нарицательный характер, так называют человека, за личную выгоду предающего истину и добродетель. Сократ, внешне похожий на софистов своей манерой вести философскую беседу, внутренне был противоположен им, т.к. все беседы его были направлены на поиск общей для всех, универсальной истины. Это относится и к понятию «добра», т.к. для Сократа добродетель и мудрость – взаимосвязанные понятия [3]. Можно сказать, что с Сократа начинает формироваться философская традиция этического фундаментализма, продолжившаяся затем в философии его ученика Платона, последователей Платона - неоплатониках, средневековой христианской этике. Возвращаясь к современности, хочется отметить, что (не большинство, но многие) современные студенты не понимают пренебрежительного отношения к софистам со стороны классиков философии. Воспитанные СМИ, они также считают, что личная материальная выгода выше каких-то абсолютных моральных норм.

Представим теперь, что такие «инженеры-софисты», считающие добро и зло относительными понятиями в зависимости от их личной выгоды, выходят из стен института и начинают работать по специальности. Не будем рассматривать вопрос о том, хорошо ли они изучали свои профессио-

нальные дисциплины, или уже в рамках института материальные ценности ставили значительно выше духовных (т.е. предпочитали работать вместо того чтобы учиться). В этом случае они могут нанести непоправимый вред обществу по причине отсутствия необходимых на их рабочем месте знаний (и это тоже этическая проблема).

Рассмотрим саму инженерную профессию на современном этапе. Многие современные философы указывают на опасности, связанные с неконтролируемым развитием новых технологий. Б. В. Шулындин отмечал, что начало XXI века явственно явило всю пагубность упования на безграничные возможности человека. В современном мире происходит замена человеческого техническим. Техника начинает внедряться внутрь человеческого организма, часто заменяя его естественные органы и функции. Это может привести к потере человеческой природы [4, С. 7-16]. Ф. Г. Майленова отмечает: «...нынче мы вступаем в совершенно новую эру: эру биотехнологии, которая способна настолько изменить человека, саму его суть, и потенциально зловещие последствия этих изменений опасны прежде всего тем, что грань между очевидными преимуществами и вкрадчивым злом провести крайне сложно» [5, С. 131]. Человечество в наше время способно создать совершенно нового человека – человека биотехнологического. Свою статью В.А. Кутырев назвал «Или мы останемся какие есть, или нас не будет». Он пишет о том, что «если в середине XX в. считалось, что техника и производство должны служить человеку, то теперь говорят о необходимости «усовершенствовать» человека, чтобы он успел угнаться за техническим прогрессом. Это путь нашей самоликвидации. Нам надо защищаться от безудержного, потерявшего человеческое содержание прогресса». «Очевидно, если мы хотим жить, новации не должны быть самоцелью. Их нужно «приводить» к мере человека, тщательно проверяя и апробируя. Культивировать, в первую очередь, важно духовность и ответственность и лишь после - ученость» [6, С. 123-125]. Наличие этих опасностей свидетельствует о недопустимости безответственного поведения (и в этическом измерении) в рамках инженерной профессии. Наличие этического сопровождения инженерного образования, нацеленность студентов на изучение фундаментальной этики представляется обязательным. И.Ю. Алексеева и А.А. Малюк предлагают построить курс «Инженерная этика» в России, отталкиваясь от проблемы смысла жизни, от которой перейти к проблеме смысла профессиональной деятельности (и не считать вопрос о смысле жизни российской причудой, т.к. подобные вопросы ставятся и на Западе) [1].

Можно обозначить некоторые важные пункты для создания фундаментальной инженерной этики:

1. Необходимо осознать, что современная инженерная деятельность для общества сродни деятельности врача для отдельного пациента. Этика врача сформировалась еще в 5-4 вв. до н.э. Девиз Гиппократ «Не навреди!» представляется актуальным для современной инженерной профессии.

2. Во все времена является актуальным «золотое правило этики», сформулированное во многих культурах (его можно встретить у Конфуция, в Библии, у Фалеса). Известны отрицательная («не делай другому того, чего не хочешь, чтобы сделали тебе») и побудительная («относись к другому так, как бы ты хотел, чтобы относились к тебе») его формулировки.

3. Из 10 заповедей: не убий, не лжесвидетельствуй, не кради, не завидуй. Современная христианская трактовка: человек не хозяин, а домоправитель. Разум дан ему не для безумного эксплуатирования природы, а для рачительного (заботливого) хозяйствования. Идеал труда на благо людей по главной заповеди христианства «да любите друг друга». Можно сформулировать следующий императив инженерной этики: «Техника должна являться помощником человеку в служении ближнему и делании добра».

4. Основываясь на моральном категорическом императиве Канта можно сформулировать следующие правила применительно к инженерной профессии: а) Создавай только такую технику и технологии, чтобы их максимальное использование вело бы к всеобщей пользе (включая и будущие поколения); б) Чтобы через твои технические изобретения ты относился бы к человечеству (включая и будущие поколения) также как к цели, и никогда не относился бы только как к средству.

Библиографический список

1. Алексеева И.Ю, Малюк А.А. «Об опыте преподавания инженерной этики в России» <http://pycode.ru/2012/04/engineering-ethics/> (дата обращения 02.02.2013).

2. Горелов А.А. Панарин и современный мир / Молодежь – культура – политика: историческая память и цивилизационный выбор: VIII юбилейные Панаринские чтения: Сборник статей / Отв. Ред. Расторгуев В.Н. – М.: МАКС Пресс, 2012. – с. 41-51.

3. Гусейнов А.А. Великие моралисты. – М.: Республика, 1995. – с. 173-177.

4. Шулындин Б.П. О природе человека и устройстве общества в современную эпоху.// Природа человека и общество. Диалог мировоззрений: Материалы VIII Междунар. научно-богословского симпозиума, 14-15 июня 2005 г. – Н. Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии госуниверситета, 2005, – с. 7-16.

5. Майленова Ф.Г. Возможности модификации природы человека с помощью современных биомедицинских и психологических технологий. // Природа человека и общество. Диалог мировоззрений. – с. 131.

6. Кутырев В.А. Или мы останемся какие есть, или нас не будет.//Природа человека и общество. – с. 123-125.

О ПРОЕКТЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ СТУДЕНТОВ

Гладышева С.Г. к.ф.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Сегодня вклад кафедр гуманитарных дисциплин в формирование будущего профессионала зачастую рассматривается и оценивается в рамках компетентностного подхода. Главная задача гуманитарных дисциплин – не формирование самих по себе компетенций, т.е., способностей успешно применять знания, умения, эффективно действовать при решении определенных задач, а формирование так сказать, субъекта компетенций, то есть, чего-то более фундаментального. В советское время дело шло о формировании личности, о ее духовно-нравственном воспитании. Сегодня мы можем, используя язык современной психологии, говорить о формировании Я-концепции.

Объектом деятельности гуманитарных дисциплин является внутреннее ядро личности, сознательное начало, система представлений человека о самом себе. «Я – самость, то есть интегральная целостность индивида, на основании которой он отличает себя от других людей и внешнего мира. Она выступает как единство «реальной» идентичности человека и его самосознания»[1.4]. Таким образом, именно через «я», осуществляется связь между внутренней и внешней реальностью, и тем самым, обуславливает возможность всякой (в том числе профессиональной) успешной деятельности.

Именно четко осознанное представление о себе, адекватная оценка себя и своих возможностей, позволяет человеку «не только осознать свою особенность, единичность, но и сознательно направлять и регулировать свою деятельность»[там же].

Задачей образования во все времена не случайно было не только обучить человека, сообщить ему знания и навыки, но и воспитать – научить сознавать внутреннюю опору, выработать способность сохранять свою самость, противостоять негативным внешним влияниям.

Нельзя сказать, что сегодня эта задача оказывается неактуальной. Напротив, потребность в ее решении только возрастает. В постсоветское время внешняя среда становится все более агрессивной к человеку: его положение в социуме становится все более нестабильным, а все его сознание чаще оказывается объектом манипуляции. Выработка я-концепции, устойчивого самосознания и самооценки является насущной потребностью.

Обратимся вновь к психологии. Обычно психологами выделяется двухуровневое строение самосознания и самооценки: «к одному уровню относятся конкретно-ситуативные самооценки (частные самооценки); к другому уровню — внеситуативная, устойчивая, обобщенная, глобальная самооценка. В целом, говоря о двухуровневом строении самооценки, мы

должны, с одной стороны, признать их взаимосвязь, т.е. движение как от частных самооценок к общей, так и движение от общей самооценки к частной» [2].

Понятно, что объект внимания гуманитарных дисциплин: философии, истории, культурологи - именно второй, обобщенный или глобальный уровень самооценки и, в целом, Я-концепции. Поскольку именно он связан с общим представлением о действительности, т.е. имеет мировоззренческий характер. Здесь мы оказываемся перед главной проблемой современного отечественного гуманитарного образования.

С одной стороны, понятно, что позитивный настрой человека, устойчивость, стабильность Я-концепции связаны с наличием у него целостного мировоззрения. Но, с другой стороны, на сегодняшний день нет ничего более неопределенного, чем понятие «современное мировоззрение». Более того, в отличие от недавнего прошлого, мировоззрение объявляется частным делом каждого, и не может быть навязано в процессе обучения. Таким образом, весьма актуален вопрос о путях выполнения задачи формирования Я-концепции, или, по-старому, задачи формирования личности, ее духовно-нравственного воспитания.

Представляется, что одним из путей, который вызовет наименьшее число возражений у представителей самых разных позиций, является путь обращения к отечественной истории и культуре. Его положительное влияние на Я-концепцию обусловлено тем, что преодолевается замкнутость человеческого я на самом себе, появляется чувство укорененности в устойчивой человеческой общности, открывается возможность опоры на опыт предшествующих поколений. Вместе с тем, само по себе сообщение знания о том или ином историческом событии не связано жестко с какой-либо определенной мировоззренческой позицией, оставляет свободу для выработки самостоятельной его оценки, для «вписывания» в собственное понимание действительности. Выход на новый уровень мировосприятия и самооценки в этом случае неизбежно происходит, но - не путем навязывания, а путем осмысления каждым студентом полученной информации и свободного обсуждения собственного понимания в форме дискуссии.

Предложенный путь мог бы найти осуществление в разработке проекта, направленного на повышение уровня исторического сознания студентов. Полагаю, что такой проект мог бы быть разработан силами преподавателей кафедр гуманитарных дисциплин, прежде всего, истории, философии, культурологии. Следует отметить, что к настоящему времени определенный опыт работы в указанном направлении уже имеется на уровне кафедр: проводятся конференции, посвященные страницам отечественной истории и культуры, организуются тематические экскурсии в московские музеи и в Подмосковье.

Думается, что разработка комплексного плана мероприятий и объединение усилий кафедр значительно повысит эффективность образовательного и воспитательного процессов.

Библиографический список

1. Смирнова О.Б. Исследования Я-концепции и самоотношения в психологии: Учебное пособие. / Под общ. ред. профессора .С.Агапова. – Тула: НОО ВПО НП «ТИЭИ», 2007. – 64с.

2. Молчанова О.Н. Низкая самооценка: восемь проблем // Сайт НИУ ВШЭ. URL: http://www.hse.ru/data/2012/10/15/1247620768/63_.pdf (дата обращения 14.02.2013)

УДК: 378.2

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЩИХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У СТУДЕНТОВ НЕЛИНГВИСТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В РАМКАХ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ

*Дидык Н.В., ассистент кафедры английского языка,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

В быстро изменяющемся и развивающемся мире проблема эффективного изучения и освоения иностранного языка становится все более актуальной. Она особенно интересна и важна в современный период времени, когда в период глобализации мировых процессов представителям различных культур приходится все чаще общаться друг с другом, когда происходит создание многонациональных и поликультурных (многокультурных) корпораций и предприятий, где работают представители разных стран. В процессе их взаимодействия могут возникать недоразумения и недопонимание в результате того, что общение людей наталкивается на языковой барьер, что затрудняет процесс эффективного сотрудничества в профессиональной среде.

Таким образом, становится ясно, что наиболее конкурентоспособными являются сотрудники компании, обладающие навыками эффективной коммуникации, умеющие свободно разговаривать, читать, писать на иностранном языке. Поэтому для подготовки профессиональных кадров международного уровня необходимо изучение иностранного языка среди студентов нелингвистических специальностей, для того чтобы они были востребованы и адаптированы к работе на международном рынке труда. Также необходимо отметить, что студенты должны иметь не только теоретические знания и навыки, необходимые для эффективной деятельности в конкретной области, но и обладать способностью применять эти знания и умения на практике. Для этого в рамках изучения иностранного языка не-

обходимо формирование общих и профессиональных компетенций у студентов, то есть способностей применять знания, умения, успешно действовать на основе практического опыта при решении профессиональных задач.

Наиболее важными являются следующие компетенции: речевая компетенция, компетенция активного и конструктивного слушания, компетенция работы с информацией, компетенция проявления презентационных навыков, компетенция делового поведения в профессиональной среде. Данные компетенции и способности являются общими, то есть ими должен обладать каждый специалист.

Для развития профессиональных компетенций необходимо изучение терминов профессиональной лексики на иностранном языке, в частности на английском, так как этот язык получил наибольшее распространение в условиях глобализации, и совершенствование языка в процессе расширения профессионального кругозора. Далее рассмотрим эти компетенции и способы их формирования более подробно.

Развитие речевой компетенции у студентов лингвистических специальностей является особенно важным. В современных условиях, когда происходит внедрение цифровых технологий в различные сферы жизни, общение людей все чаще связано с компьютером. Это позволяет наиболее быстро осуществлять коммуникацию. Создается ситуация, когда живое личное общение сведено к минимуму и начинает преобладать общение через информационные сети.

В результате выходит на первый план краткость сообщений, теряется способность развернуто формулировать свои мысли и чувства, чтобы донести их до собеседника. Таким образом, наиболее востребованными качествами в современном мире являются умение общаться с другими людьми и способность правильно сформулировать свою точку зрения при осуществлении межличностной коммуникации. Студенты, как будущие профессиональные сотрудники, должны уметь грамотно выразить устно или письменно свое мнение не только на родном, но и на иностранном языке.

Для повышения данной компетенции необходимо развивать коммуникативные способности студентов. Их можно развивать, активно применяя различные тренинги и методы, например метод конкретных ситуаций (case study), когда студентам предлагаются различные ситуации на английском языке, они должны их проанализировать, выработать несколько путей решения данных ситуаций и выбрать наиболее приемлемое решение. Например, ситуация по адаптации в новом коллективе среди иностранных коллег. Студенты должны представить, как им вести себя, как приветствовать иностранных сотрудников, продумать стратегию эффективной коммуникации, в случае возникновения непонимания и конфликтной ситуации решить, как следует действовать, проявить правильное поведение в конфликте с иностранными сотрудниками. Еще одним методом, способствующим развитию речевой компетенции, является метод учебных ролевых игр (role-playing game) — метод моделирования различных ситуаций, и каж-

дый из участников действует как персонаж данной ситуации. Также распространён мозговой штурм (brain storming, мозговая атака) — метод поиска оригинальных решений различных задач и разработки новых идей. Таким образом, данные тренинги и методы помогают развить не только общие коммуникативные способности студентов, но и повысить их речевую компетенцию при коммуникации в профессиональной сфере на иностранном языке.

Следующей компетенцией является компетенция активного и конструктивного слушания. Студенты должны развивать навыки быстрого и точного восприятия аудиоинформации. Так как в профессиональной среде успешное выполнение поставленной задачи напрямую зависит от ее точного понимания. Для повышения этой компетенции у студентов активно применяется использование аудиоматериалов с последующим обсуждением вопросов и проблем, касающихся прослушанного материала.

Не менее важной компетенцией является компетенция работы с информацией. У студентов необходимо развивать навыки самостоятельного ориентирования в огромном информационном пространстве, вырабатывать умения подобрать необходимую информацию и отсеять то, что является ненужным. Для развития данной компетенции необходимо стимулировать проявление творческого потенциала у студентов в подготовке презентаций, докладов и сообщений. Данная компетенция тесно связана со следующим важным умением или компетенцией, которая заключается в демонстрации презентационных навыков. Студенты должны уметь не только найти подходящую информацию для своего доклада или презентации, но и эффективно донести ее до слушателей, используя научную лексику, правильно структурируя свой доклад и акцентируя наиболее важные моменты. Выработке данной компетенции у студентов способствует наиболее частая практика выступлений с презентациями или докладами.

И еще одной необходимой компетенцией для профессионального сотрудника является компетенция делового поведения в профессиональной среде. Студенты, как будущие сотрудники, должны знать, как следует себя вести в деловой атмосфере, что нужно проявлять умеренное спокойное отношение без демонстрации сильных положительных и отрицательных эмоций, необходимо знание культурных норм и ограничений, традиций и этикета в сфере общения с иностранными коллегами для достижения наиболее эффективного сотрудничества в среде профессиональной коммуникации. Для развития данной компетенции необходимо изучать конкретные ситуации, организовывать дискуссии и применять учебные ролевые игры на английском языке.

Необходимо отметить, что наибольшая заинтересованность аудитории и, как следствие, эффективность обучения достигается не при односторонней подаче материала преподавателем, а при постоянной смене методов и видов образовательной деятельности. Например, лекционный материал должен чередоваться с демонстрацией аудиовизуальных заданий. Также следует внедрять принцип работы в группе: обсуждение ситуаций, дискус-

сии на заданную тему, поиск оптимальных решений проблем, участие в ролевых играх. Не менее важными являются навыки индивидуальной работы с информацией, которые студенты должны демонстрировать в презентации докладов и сообщений.

Таким образом, формирование общих и профессиональных компетенций с помощью данных методов у студентов нелингвистических специальностей, изучающих английский язык, будет способствовать повышению их конкурентоспособности на рынке труда, так как они будут способны продемонстрировать свои профессиональные возможности при приеме на работу, овладеют навыками и умением использовать информационно-научные материалы на английском языке, смогут самостоятельно общаться и эффективно воспринимать информацию от иностранных сотрудников в процессе профессиональной коммуникации.

Библиографический список

1. Изаренков Д.И. Базисные составляющие коммуникативной компетенции и их формирование на продвинутом этапе обучения студентов. Язык за рубежом, 1990. – 54- 60 с.
2. Кабардов М.К. Типы языковых и коммуникативных способностей и компетенции. – Вопр. Психологии, 1996. – 34- 49 с.
3. Садохин А. П., Грушевицкая Т. Г. Основы межкультурной коммуникации: Учебник для вузов — М.:Юнити-Дана, 2002. — 352с.
4. Тер-Минасова С.Г. Язык и межкультурная коммуникация. – 2-е издание. Доработанное. – М.: МГУ, 2004. – 352 с.
5. Яминский А.В. Профессиональный английский в мире бизнеса: Уч. пособие. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 264 с.

УДК: 372.8

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ГУМАНИТАРНЫХ ДИСЦИПЛИН В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ В ИНФОРМАЦИОННУЮ ЭПОХУ

*Зайцева Л.А. к.ф.н., доцент
кафедры философии, социологии и политологии МГТУ МИРЭА*

Преподавание гуманитарных дисциплин в техническом вузе имеет много задач, целью которых является формирования у студентов определённых компетенций. Обозначу лишь несколько. Результатом процесса обучения должно быть расширение кругозора студентов, повышение культурного уровня, формирование ценностных ориентаций и гражданской по-

зиции, освоение ораторских навыков и искусства вести дискуссию, умение отстаивать свою точку зрения и представлять свои идеи, конкурентным образом, возможности ориентироваться в общественных и политических событиях.

Информационная революция и возникшее вследствие неё информационное общество кардинально изменили условия жизни людей. Один из авторов теории информационного общества Тоффлер А, описывал это следующим образом: «Это второй великий поворот в истории человечества, сравнимый только с первым разрывом исторического континуума – переходом от варварства к цивилизации» [1]. Информационное общество характеризует: сетевая структура, глобализация, кастомизация, индивидуализация, демассификация, изменчивость, экономика знаний, превращение университетов в опорные точки обществ. Так как по определению сущностью информационного общества является производство знаний, и информации то институт образования является для него ключевым. Информационное общество выдвигает ряд требований к образованию. Оно покончило с идеей, что образование сопровождает человека только в детстве и молодости. Информационное общество считает, что образование должно быть непрерывным и сопутствовать человеку от колыбели до могилы. Образование также должно быть максимально индивидуализированным, учитывающим психологические и иные особенности обучающегося. Процесс образования в информационном обществе должен опираться на новейшие достижения информационных наук. Отсюда распространение дистанционного образования. Но я хочу подчеркнуть одну особенность образования в информационном обществе. Современные студенты существуют в глобальном информационном пространстве. В принципе им доступна практически любая информация по гуманитарным предметам, так как возможности интернета неисчерпаемы. Причём доступная им информация всё время меняется, на смену одним идеям очень быстро приходят другие. Современный английский социолог Зигмунт Бауман называет – это текучей современностью. Вот как он её описывает: «Жидкости легко перемещаются. Они текут, проливаются, иссякают, брызгают, переливаются, просачиваются, затопляют, распыляются, капают, просачиваются, выделяются; в отличие от твёрдых тел их не легко остановить – одно препятствие они обтекают, другое - растворяют, а через третье – просачиваются... Таковы основания для того, чтобы считать «текучесть» или «жидкое состояние» подходящими метафорами, когда мы хотим постичь характер настоящего, во многих отношениях нового, этапа в истории современности» [2.с.8.]. Всё это ставит перед преподавателями гуманитарных наук очень сложные задачи. Как я представляю, преподаватель гуманитарных наук должен стать для студентов своеобразным навигатором. Он должен, говорить на какие интернет ресурсы нужно обращать внимание, а на какие нет; какие авторы заслуживают внимания в первую очередь. Преподаватель должен поощрять студентов, самим искать интересные интернет ресурсы. Можно сказать, что информационное общество ставит перед преподавателями задачу

помочь сориентироваться студентам в глобальном информационном пространстве. Особенно – это важно для студентов технических вузов, так как интернет по преимуществу является для них основным средством получения информации.

Библиографический список

1. Toffler A. The “Future shock” man sees more drastic changes ahead: Interview with Toffler A. // U.S. news and world report, 1975. №78
2. Бауман З. Текущая современность. – СПб.: ПИТЕР, 2008.

УДК: 378.147:372.881.1

К ПРОБЛЕМЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

*Иванова Е. А., к. филол. н., доцент,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

На занятиях по иностранному языку в том случае, когда в группе оказываются хорошо подготовленные студенты, цель обучения иностранному языку может быть достигнута и при 144 учебных часах. Однако, во-первых, поступившие в одну группу студенты обладают разным уровнем владения языком – от предельно низкого до отличного. Во-вторых, в МИРЭА, например, иногда студентам приходится изучать иностранный язык с «нуля», так что априори не могут быть достигнуты поставленные цели при таком незначительном объеме курса. Таким образом, в настоящее время в техническом вузе не всегда достаточно высока эффективность обучения иностранному языку.

В докладе рассматриваются некоторые субъективные факторы, касающиеся индивидуальных особенностей студентов. Исследование проводилось в течение 2010-2013 учебных годов в МИРЭА методами наблюдения, опросников, тестирования, методами статистического анализа. Испытуемыми выступили студенты 1 курса (в общей сложности 75 человек).

Обучаемость иностранным языком представляет собой двухуровневый фактор, состоящий из языковых задатков-способностей (первичный уровень), личностных характеристик – темперамента, желания учиться и др., а также материала и методики преподавания иностранного языка (вторичный уровень) [1].

Иноязычные способности подразделяют на умственные способности, личностно-экстралингвистические особенности, коммуникативно-речевые способности и языковые. В собственно языковых способностях выделяют следующие познавательные компоненты:

- *мнемические* – количество и качество оперативных единиц памяти,
- *мыслительные* – логическое и ассоциативное мышление,
- *перцептивные* – слуховая и зрительная чувствительность [2].

По данным данного исследования в технический ВУЗ поступают студенты с совершенно различными мнемическими и перцептивными компонентами иноязычных способностей. Что же касается мыслительных компонентов, то иметь их потенциально имеют все студенты МИРЭА, поскольку их технический, физико-математический, логический склад мышления с большой вероятностью предполагает наличие у них способностей к установлению языковых закономерностей и способности к вероятностному языковому прогнозированию.

К *личностным качествам*, существенным при изучении языка, относятся эмоциональность, коммуникативность, сила воли, желание учиться. Несомненно, эмоциональные и коммуникативные особенности личности, обуславливающие содержательную грань общения, позитивно связаны с обучаемостью иностранным языкам. Однако в техническом ВУЗе не столь существенны эмоциональная выразительность, экспрессивность, непринужденность, убедительность в процессе общения, поскольку у студентов нет общения на иностранном языке и профессионально-ориентированные тексты лишены эмоциональной окрашенности.

Гораздо более значимыми для студентов технического ВУЗа являются волевые и мотивационные составляющие индивидуальности. Целеустремленность, организация самостоятельной работы, наличие общепсихологической и социальной мотивации способствуют в конечном счете *обученности* иностранному языку даже при слабых иноязычных способностях. Однако у студентов с низким уровнем подготовки и слабыми иноязычными способностями познавательные, профессиональные мотивы и волевые качества крайне низки. Единственное, что может заставить их проявить силу воли и продвинуться в изучении иностранного языка, это желание избежать неприятностей в сессию, в семье, при общении в коллективе, в дальнейшей профессиональной деятельности. Однако, большей частью, желания компенсировать слабые способности к языку с помощью систематических и упорных занятий у студентов МИРЭА не наблюдается.

По результатам данного анализа более развитые волевые качества (в отличие, например, от результатов [3]) имеются у студентов, обладающих большими способностями к иностранному языку. Это можно объяснить тем, что им легче дается овладение предметом, что и подстегивает их мотивацию к обучению. Таким образом, они рассчитывают выйти на определенный уровень знания из-за любознательности (таких студентов в МИРЭА около 12%; это преимущественно девушки) и/или из-за социальной и профессиональной значимости для них иностранного, в основном английского, языка (таких студентов около 34%). В любом случае большая сила воли (приблизительно у 10% студентов) благоприятно отражается на обучаемости даже у студентов со слабыми иноязычными способностями

(которых имеется около 68%). Данное заключение сделано по результатам изучения динамики успеваемости по иностранному языку. Однако в каждой группе МИРЭА имеется 5-10% студентов, которых не удастся обучить иностранному языку, даже при всей их старательности и настойчивости в достижении цели. Таким образом, изучение связи личностных качеств и иноязычных способностей доказывает то, что определенные качества (в основном сила воли, трудолюбие, работоспособность, добросовестность, организованность, ответственность, внутренняя и социальная мотивация) рассматриваются как компоненты обучаемости иностранным языкам студентов технического ВУЗа.

В условиях современного технического ВУЗа свободного владения иностранным языком никто не в праве требовать. Однако по данным проведенного исследования средний уровень развития иноязычных способностей вполне достаточен для технического ВУЗа, но при наличии соответствующей мотивации и волевых качеств. Средний уровень характеризуется тем, что студенты при пересказе сочетают заученное наизусть (репродуктивная форма работы) с элементами творческих самостоятельных высказываний; разные виды языковых способностей (мнемические способности, интеллектуальные способности, репродуктивные способности, вербальные способности) могут проявляться в разной мере, но их усредненный коэффициент занимает промежуточное положение между показателями низкого и высокого уровня иноязычных способностей.

Предлагаются *рекомендации*, обеспечивающие повышение уровня подготовки по иностранному языку в техническом ВУЗе:

А) Анализ содержания и структуры иноязычных способностей каждого абитуриента поможет решить проблему оптимизации освоения иностранного языка в технических ВУЗах.

Б) Собственно *языковая* подготовка предполагает сокращение объема языкового материала, но наиболее частотные лексические единицы и грамматические конструкции должны быть многократно повторяемы до перевода их в долговременную память [4].

В) Более активное включение обучающихся в деятельность с помощью эмоциональных ролевых игр, учебно-научных диалогов, самостоятельной работы, теоретических обобщений, использования аутентичных текстов.

Г) Дифференцирование процесса обучения – распределение студентов по группам в соответствии с уровнем их иноязычных способностей и знаний. Соответственно обучение студентов каждой группы по своим материалам и своей методике может привести к достижению поставленной цели.

Д) Соблюдение ряда *критериев* при выборе учебно-научных текстов:

1) критерий соответствия текстов желаниям, духовным потребностям студентов базового курса – если содержание текстов не соответствует их специальности, будущим профессиональным интересам, то увлечь студентов чтением учебной литературы может не удастся;

2) критерий аутентичности и проблемности, но в то же время доступности – выбираются наиболее простые из реально существующих текстов, затрагивающих актуальную проблематику в научных и технических сферах, близких к специальности студентов данной группы;

3) критерий эталонности – текст должен быть линейным, обладать завершенностью знания, т.е. выбираются небольшие законченные тексты, а не отрывки из крупных произведений;

4) критерий диалогичности – выбирается текст, способствующий порождению встречных смыслов, вопросов, комментариев в процессе его освоения, что призвано заинтересовывать студентов учебной.

Библиографический список

1. Дружинин В. Н. Психология общих способностей . - 2005г. Алыбина А.Т. Особенности мнемической деятельности студентов языкового вуза и обучаемость иностранному языку: дис. канд. психол. наук. - М., 1977.

2. Веденяпин Ю. А. Измерение готовности абитуриентов к обучению в институтах иностранных языков как предпосылка индивидуализации учебного процесса. Дисс. ... канд. пед. наук. М., 1976. Решетникова Т. К. К вопросу о развитии иноязычных способностей. // Методика и психология обучения иностранным языкам в языковом вузе. / Научные труды МГПИИЯ им. М. Тореца. - М.: МГПИИЯ им. М. Тореца, 1979, вып. 121, с. 42-56 (в соавт. с М.Г. Каспаровой).

3. Мазурик Т.Н. Личностный фактор как регулятор успешного усвоения иностранного языка в неязыковом вузе. В кн.: Профессионально-ориентированное обучение иностранным языкам в вузе. – Пермь; Гос. Ун-т им. А.М. Горького, 1983, с. 72-78.

5. Маришук Л.В. Технология непроизвольного обучения: Пособие для учителя английского языка. - Минск: НИО, 1997. -132 с.

УДК: 378.1

КОММУНИКАТИВНАЯ КУЛЬТУРА ПРОФЕССИОНАЛА КАК ЗАЛОГ УСПЕШНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЕГО МЕЖКУЛЬТУРНОЙ КОММУНИКАЦИИ

*Катахова Н.В., к.п.н., доцент каф. иностранных языков
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Рыночные отношения, серьезная конкуренция, характерные для современного общества, выдвигают определенные требования к выпускникам высшей школы. Современные условия в стране, обеспечение ее конку-

рентоспособности в глобальном масштабе требуют наличия значительного количества высококвалифицированных профессионалов. Открывшиеся новые перспективы для делового сотрудничества способствуют мотивации в изучении иностранных языков для международного общения, что и предполагает изменения в требованиях к уровню владения языком, применения новых подходов к отбору содержания и организации материала. Современный образовательный процесс нацелен, с одной стороны, на передачу и воспроизведение информации, а с другой стороны, строится на подходах, предполагающих самостоятельное конструирование обучающимися знаний в процессе взаимодействия. Такой подход обеспечивает вовлечение студентов в анализ и интерпретацию смысла новой информации, соотнесение ее с мнениями и интерпретациями других, что предполагает интенсивную коммуникацию в поисковой работе участников образовательного процесса, что, в свою очередь, требует владения навыками коммуникативной культуры, то есть коммуникативной компетенцией.

Иностранный язык в силу специфики обучения может и должен внести существенный вклад в формирование коммуникативной культуры и иноязычной коммуникативной компетенции будущих специалистов. В своих работах В.А. Сластенин, Ю.В. Варданян, Э.Ф. Зеер рассматривают компетентность как интегративную характеристику специалиста, отражающую его готовность и способность использовать теоретические знания и практический опыт для решения определенных коммуникативных задач.

На современном этапе развития общества, пожалуй, одними из самых важных компетенций являются компетенции жизни в поликультурном обществе, призванные препятствовать возникновению и распространению ксенофобии, способствующие как пониманию различий, так и готовности жить с людьми других культур, языков и религий. Вышеобозначенные компетенции неразрывно связаны с компетенциями, определяющими владение устным и письменным общением. Культура социальной коммуникации является основополагающей в условиях современной глобализации культуры и социальной жизни в целом. Под культурой социальной коммуникации в поликультурном обществе понимается умение вести диалог, анализировать различные ситуации, принимать решения, учитывать интересы участников переговорного процесса, партнеров, владеть культурой несогласия, ненасильственным стилем поведения.

Существует психологическая модель специалиста с высшим образованием, которая предполагает наряду с другими формирование знаний, умений, навыков, необходимых для понимания других людей; способности осознавать свои слабые и сильные стороны и учитывать их во взаимодействии с коллегами. Необходимо помнить о том, что предпочтения личности в мире духовных ценностей существенно влияют на эмоционально-волевую сферу, внимание, творческую, социальную активность человека, то его ценностные ориентации играют особую роль в межличностных отношениях, регуляции поведения и принятии решений. Если правильно организовать процесс обучения, можно повлиять на ценностные ориентации

обучаемых, т.е. их направленное отношение к действительности и своему месту в ней, воспитать заинтересованность, эмоциональное неравнодушие, постижение глубокого смысла жизни, избирательное отношение к поставленным целям и решаемым в действиях проблемам.

Содержание образования и соотнесенные с ним методы обучения образуют систему педагогической деятельности, и открывают новые возможности для формирования личности, приобщенной к культуре. В соответствии с концепцией образования его содержание включает помимо готовых знаний и опыта осуществления деятельности по привычному стандарту, и опыт творческий.

Учебный предмет – иностранный язык имеет огромные возможности по воспитанию компетенций и качеств, столь важных для жизни в поликультурном обществе. Общеобразовательная цель включает в себя увеличение знаний о культуре, науке, литературе, искусстве страны изучаемого языка, так и повышение общей культуры, расширение кругозора обучающихся. Практическая цель обучения иностранному языку предполагает овладение им обучающимися как средством профессионального иноязычного общения и приобретение ими умений, необходимых для успешной реализации межкультурной коммуникации. При этом коммуникативная компетенция, которую должны приобрести обучающиеся, по мнению исследователей, включает в себя несколько составляющих ее компонентов: лингвистическую, прагматическую, предметную, лингвострановедческую, дискурсивную, стратегическую, социолингвистическую и социокультурную. В результате можно сделать вывод, что основной задачей учебного процесса по иностранному языку как в языковых, так и в неязыковых вузах должно стать взаимосвязанное обучение всем указанным компонентам коммуникативной компетенции. Такой интегративный подход призван способствовать формированию вторичной языковой личности, пониманию и усвоению иного образа жизни поведения, разрушению укоренившихся в сознании стереотипов, а также позволяет употреблять язык во всех его проявлениях в аутентичных ситуациях межкультурного общения.

Следовательно, одним из компонентов иноязычного образования становится формирование общекультурных умений как совокупности сложных осознанных действий обучаемых, характеризующих уровень развития личности в соответствии с социально одобряемыми требованиями (нормами поведения).

К общекультурным умениям относят образовательный, эмоциональный и поведенческий компоненты, составляющие основу обучения коммуникативной культуре и иноязычной профессиональной коммуникативной компетентности. Коммуникативная культура является необходимым атрибутом личностного и профессионального роста, без которого современный человек не может продуктивно работать в мире плюрализма.

Иноязычная профессиональная коммуникативная компетентность – это особенность личности, которая характеризуется определенным объемом и уровнем знаний, умений и навыков иностранного языка и этики

профессионального общения, привычек, качеств и свойств, реализуемых в будущей профессиональной деятельности. Коммуникативные качества являются составной частью личности специалиста любого профиля, его культуры поведения.

Коммуникативная культура профессионала включает в себя не только внимательное отношение к партнеру, высокоразвитую способность понимать и принимать его позицию, но и сохранение собственной автономности, то есть автономности собственного «я», приобретая опыт по формированию личной точки зрения, отстаивания своей позиции. Коммуникативная компетенция связана с общим и профессиональным развитием личности, формированием системы составляющих ее знаний, умений, навыков.

При обучении иностранным языкам необходимо делать акцент на способности обучаемых интерпретировать свое коммуникативное поведение; быть сдержанным в своих эмоциональных проявлениях; аргументировано и корректно отстаивать свою точку зрения; грамотно, красиво и ясно выражать свои мысли; брать на себя инициативу при организации коммуникативного взаимодействия.

Иностранный язык как важнейший компонент культуры призван преодолеть определенный менталитетный барьер в процессе понимания представителя другой культуры, вступление с которым в диалог подразумевает открытость, взаимность, желание понять другого человека, что, в свою очередь, предполагает понимание и учет контекста и подтекста речи и поведения.

Успешная деятельность в современном мире не представляется возможной без межкультурной коммуникации, которая рассматривается «как совокупность разнообразных форм отношений и общения между индивидами и группами, принадлежащими к разным культурам». Контакты представителей разных культур порождают множество проблем, которые обусловлены несовпадением норм, ценностей, особенностей мировоззрения партнеров. В связи с этим межкультурная коммуникация является одним из активно развивающихся направлений, как за рубежом, так и в современной России. Соответственно главной задачей преподавателей иностранного языка является в настоящее время не только сообщение студентам языковых знаний, относящихся к «языковой картине мира», имеющейся у коммуниканта-инофона, но и неязыковой информации, необходимой для адекватного общения и взаимодействия на межкультурном уровне, то есть формирование у студентов межкультурной компетенции. От наличия у специалиста межкультурной компетенции зависит эффективность и результативность иноязычного общения, позитивность восприятия как собеседниками друг друга, так и функционирующей в ходе коммуникации информации, установление и оптимизация коммуникативных контактов, адекватный информационный обмен, возникновение корректного доброжелательного взаимоотношения.

Следовательно, преподавание иностранного языка в настоящее время невозможно без интегрирования вопросов, связанных с межкультурной

коммуникацией, в существующие программы обучения. Особую актуальность межкультурная коммуникация приобретает при преподавании бизнес курса.

Основной трудностью межкультурной коммуникации является неосознанность культурных различий, национальной психологии и поведения. Большинству людей в своем восприятии мира кажется, что их стиль и образ жизни является единственно возможным и правильным, а ценности, на которые они ориентируются, одинаково понятны и доступны всем людям. Однако, сталкиваясь с представителями других культур, они обнаруживают, что привычные модели поведения не работают. Вот почему на занятиях по иностранному языку необходимо совмещать изучение чужого языка с изучением чужой культуры. Знания национальных корней и национальных особенностей, как в обществе, так и в сфере бизнеса позволит просчитать, предсказать в определенной степени их отношение к нам, их реакцию на наши предложения. Практическое знание базовых черт других культур, как и своей собственной сведет к минимуму культурный шок и даст необходимое понимание того, как преодолеть трудности общения с представителями других стран, что и будет, служить залогом эффективного межкультурного взаимодействия.

Библиографический список

1. Вестник МГЛУ 509.Серия лингводидактика. Москва.: 2006г.
2. Шейлз Дж. Коммуникативность в обучении современным языкам. — Совет Европы Пресс, 1995г. — 349с.

УДК: 658.336

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ СОВРЕМЕННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ: ОТ ЗНАНИЙ К КОМПЕТЕНЦИЯМ

Кочеткова Л.Н., д.ф.н., доцент, профессор кафедры философии, социологии и политологии МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Мы живем в век высоких технологий, инноваций и неизбежной модернизации. И хотя Россия долго «держалась» на советских технических достижениях, теперь стало ясно, что устойчивое развитие экономики можно осуществить только путем инновационного технического развития, главными субъектами которого являются современные инженерно-технические кадры. В настоящее время очевиден следующий парадокс: развитие науки и техники находятся на подъеме, а престиж и статус традиционных инженерных профессий падает. Результаты социологических ис-

следований, проведенных в МГТУ МИРЭА в 2010-11 гг., свидетельствуют о том, что только 1/3 студентов в дальнейшем планирует работать по выбранной специальности. Подавляющее число студентов рассматривает технический вуз исключительно как возможность получения диплома о высшем образовании, не связывая с выбранной профессией дальнейших жизненных перспектив. [4] Данная парадоксальная ситуация является не только большой социальной проблемой в условиях технической модернизации России, но и актуальной научной задачей, заставляющей обратиться к анализу радикальных трансформаций в сфере экономики, инженерно-технической деятельности и образования.

На наш взгляд, существует несколько причин сложившейся ситуации. [3] Одной из них является то, что некоторые инженерные профессии перестали быть популярными на рынке труда, а новые актуальные специальности еще не сформировались. Традиционный образ ИТР уходит в прошлое. Инновационная экономика требует гибкого специалиста, умеющего быстро реагировать на изменения рынка.

Практика показывает, что сегодня востребованными являются не только конкретные знания, но и методология решения проблемы, способность выделять главные цели и определять механизмы их достижения. Рынок предъявляет к современному выпускнику вуза целый пласт новых требований, которые недостаточно учтены или совсем не учтены в программах подготовки специалистов. Эти новые требования не связаны жестко с той или иной дисциплиной, они носят надпредметный характер, отличаются универсальностью. Их формирование требует не столько нового предметного содержания, сколько новых образовательных установок. Чем обусловлена необходимость переориентации высшего профессионального образования? Ответ на этот вопрос содержится в анализе ситуации расхождения между качеством подготовки выпускника, даваемым учебным заведением, и требованиями, предъявляемыми к специалисту производством и работодателями.

По мнению экспертов научного журнала «Harvard Business Review» самой популярной работой в XXI веке станет профессия *data scientist* – ученого, работающего с данными. Пять лет назад эта специальность в принципе не существовала, а в настоящее время она становится все более востребованной не только на Западе, но и во многих российских компаниях.

По мнению участников Международного форума «ИТ-Лидер 2012» к 2030 году более 2 млрд. рабочих мест, связанных с определенными профессиями, прекратят свое существование. [5] Значительные изменения произойдут в энергетической индустрии, автомобильной промышленности, робототехнике, телерадиовещании и др. Для эксплуатации наукоемких технологий уже возникли две новые профессии: *инженер знаний и тэггер*. При этом профессия тэггера уже присутствует, например, на телевидении. В скором времени исчезнут профессии, связанные с описанием бизнес-процессов и управлением проектами. Функции управления возьмет на себя кибермозг компании, а его обслуживанием займутся инженеры знаний.

Международный университет природы, общества и человека (Дубна) начал привлекать студентов в профильные лаборатории и формировать программы обучения этим новым профессиям.

Смена профессий ускоряется. Если раньше профессии могли существовать 200-300 лет, то сейчас, если говорить о такой общей категории как digital, профессии живут в среднем не больше 5 лет. Конечно, некоторые профессии будут существовать достаточно долго, как например, программисты и менеджеры, но постоянно будет меняться их наполнение и инструментарий.

Подобные трансформации связаны с тем, что инноваций в мире становится все больше. Происходит ускорение смены технологий и продуктов. За последние 3-4 года появились и стали востребованы специалисты по 3D – моделированию, «облачным вычислениям» и т.д. Многие новые профессии не рождаются с нуля. Они возникают из других специальностей, актуализируя задачу быстрой переквалификации. С учетом ускорения профессиональных метаморфоз потребуется развитие новых образовательных технологий, в частности расширение масштабов самообразования и дистанционного обучения.

В этой связи нельзя не отметить опыт Массачусетского технологического института (MIT). В 2001 году зародилось движение, когда MIT начал записывать свои лекции и выкладывать их во всеобщий онлайн-доступ. Сейчас любой желающий заняться самообразованием имеет доступ к более, чем 2080 курсам, которые были скачены более 131 млн. раз. Интересно заметить, что среди студентов и аспирантов МГТУ МИРЭА есть те, кто активно изучает курсы MIT. Примеру ведущего американского технологического института последовали многие зарубежные вузы, решая проблему доступности новых знаний.

В России передовым технологиям нужно время, чтобы стать рабочим инструментом. В связи с этим у вузов есть возможность заполнить пробел в подготовке специалистов, состоящий в том, что формируя систему предметных знаний и умений, учебные заведения уделяют недостаточное внимание развитию многих личностных и социальных компетенций, определяющих конкурентоспособность выпускника в рыночных условиях. Другими словами, главной задачей системы высшего профессионального образования является не передача стандартных знаний, а формирование компетентного выпускника. Компетентность – это мера включенности человека в деятельность, дающая возможность устанавливать связь между знанием и проблемной ситуацией, обнаруживать способы решения проблемы.

В заключении отметим, что современная молодежь выросла в условиях всеобщей компьютеризации, активного потребления сетевой информации, неограниченных возможностей для развития, которые сформировали у многих высокую самооценку с завышенными ожиданиями. Авторитарно-репродуктивная система обучения устарела. Образование, ориентированное только на получение знаний, означает в наше время ориентацию на прошлое. В быстро меняющемся мире система профессионального образования, прежде всего, система наукоемкого инженерно-технического обра-

зования, должна быть нацелена на формирование таких новых качеств (компетенций) инженера, как инновационность, инициативность, гибкость, мобильность, динамизм, конструктивность, достижение которых во многом связано с совершенствованием формы и содержания технического образования. В противном случае,

Россия будет обречена на догоняющий тип развития, а инновационное развитие и лидирующие позиции в глобальной экономике так и останутся недостижимыми целями.

Библиографический список

1. Брестовицкая Н.М. Проблема интеграции науки и образования в условиях модернизации. /Россия: Тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 7 – РАН ИНИОН. Отв. ред. Ю.С.Пивоваров – М., 2012. – Ч.2 с. 559 – 563

2. Бычков А.В. Модернизация технологического образования в контексте инновационного развития России. /Россия: Тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 7 – РАН ИНИОН. Отв. ред. Ю.С.Пивоваров – М., 2012. – Ч.2 с. 563 – 568

3. Кочеткова Л.Н. Аксиологические основания инженерного образования. //Социология образования. 2011 - №12 - с. 71-76

4. Кочеткова Л.Н. Проблемы и перспективы преподавания гуманитарных наук в техническом университете. //Научный вестник МИРЭА. 2012 - №1 (12), с. 31-38

5. Международный форум ««ИТ-Лидер 2012». Режим доступа: http://www.tssonline.ru/newstext.php?news_id=87724

6. Павлов Б.С., Сиражетдинова А.А. На подступах к инженерной профессии. /Россия: Тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 7 – РАН ИНИОН. Отв. ред. Ю.С.Пивоваров – М., 2012. – Ч.2 с. 609-615

УДК: 378

ФОРМИРОВАНИЕ ЯЗЫКОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ВСЕСТОРОННЕЙ САМОРЕАЛИЗАЦИИ СТУДЕНТА

*Курсевич Д. В., ассистент кафедры иностранных языков,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Проблема несоответствия квалификации выпускников технических университетов требованиям потенциальных работодателей до сих пор остаётся актуальной. Оказавшись на рабочем месте, недавно нанятые молодые специалисты подчас не способны адекватно реагировать на реалии де-

лового мира. Несформированность необходимых навыков, в том числе языковых, что является немаловажным в современном глобализированном мире, влечёт к невозможности эффективного выполнения работы, снижению производительности труда, низкой оценке вложенных ими усилий со стороны руководства и персональной фрустрации. Однако речь идёт не только о знании ключевых предметов; оно представляется недостаточным для полной реализации потенциала. Для предотвращения целого ряда негативных последствий, связанных с неполнотой профессиональной подготовки, методология преподавания иностранного языка в высших учебных заведениях технической направленности подвергается значительному пересмотру. В условиях современности стадия обучения нацелена на создание благоприятных условий для формирования необходимых языковых умений – компетенций – впоследствии способствующих успешному решению задач в конкретной рабочей ситуации.

Языковая компетенция представляет собой «совокупность конкретных умений, необходимых члену языкового сообщества для речевых контактов с другими и овладения языком как учебной дисциплиной», в то время как языковая компетентность представлена в качестве «содержательного компонента конкретного лингвистического умения в форме знаний, навыков и способностей». Выработанные компетенции выходят за рамки успешного выполнения работы: они становятся необходимыми для формирования внутриобщественных, межкультурных связей, при котором требуется наличие критического мышления, систематических умозаключений и принятия ответственных решений. Таким образом, иноязычная компетенция имеет крайнюю важность для будущего специалиста. Именно она выступает его отличительной характеристикой на фоне коллег, является критерием интеллектуальной личности, расширяет круг профессиональных возможностей и является высоко ценящимся активом.

Существует различные способы, направленные на создание языковых компетенций, при этом, *следующие*, по мнению автора, позволяют всецело воздействовать на студента с последующим развитием всех четырёх ключевых навыков: чтения, письма, слушания и говорения.

1. Чтение и обсуждение статей на иностранном языке, рассматривающих последние нововведения и/или посвящённые изучению дилемм в определённой научной области. Первоначальной *целью* данного подхода выступает выявление уже имеющихся у студентов знаний, нехватки необходимой лексики. Впоследствии предполагается стимулирование дискуссии как в подгруппах, так и всей группой, развитие интереса к данной области. В качестве индивидуального творческого задания может служить подготовка краткого сообщения по рассмотренной тематике или презентация с видением проблемы с точки зрения студента.

2. Моделирование реальных ситуаций в процессе решения практических задач («кейсов») на разных стадиях курса исходя из полученных знаний. *Целью* является закрепление ключевой лексики и грамматики, разви-

тие самостоятельности в мышлении при скептическом отношении к поставленной проблеме и, в итоге, принятие объективного решения.

3. Слушание аутентичных адаптированных и неадаптированных записей в контексте изучаемого материала. Задача данного приёма – приобщение к речевым моделям изучаемого языка, адаптация к восприятию иностранной речи на слух при умеренно быстром темпе, развитие умения реферирования.

4. Практика изложения мыслей на письме. Она нацелена помочь студенту грамотно высказывать своё мнение путём применения связующих слов (наречий, вводных слов и т.д.), устойчивых выражений-клише, чёткой структуризации работы при обязательном условии следования формулировки задания. Примером такой практики может стать резюмирование решений, достигнутых при разборе практических задач («кейсов»).

К сожалению, успешной реализации оговорённых подходов зачастую препятствует ряд объективных и субъективных факторов, задающих основное направление исследований, охватывающих данную проблему.

1. Один из главных тормозов прогресса в процессе формирования компетенций высшей школой – неудовлетворительный уровень языковых знаний недавно зачисленных студентов. Он диктует необходимость обучения, в первую очередь, базовым грамматическим и лексическим умениям для последующего их применения при детальном изучении языка для специальных целей.

2. Не менее тормозящим фактором выступает ограниченность предусмотренного времени для преподавания языка. Например, при годовой продолжительности курса в начале обучения представляется невозможным адекватное становление и последующее закрепление компетенций.

3. Среди субъективных причин частой является отсутствие межличностного контакта между преподавателем и студентами, что вызывает значительные затруднения при усвоении и отработке нового материала. Учебная программа не выполняется вовремя и, следовательно, на выходе наблюдается низкий результат.

4. Часто имеет место неполная проработанность или отсутствие необходимой методической базы, составленной при тесной кооперации кафедры иностранных языков и профилирующих кафедр технической направленности. Такие пособия способствуют созданию продуктивной среды обучения.

В заключении стоит подчеркнуть, что, несмотря на существующие сложности, педагог по-прежнему должен быть ориентирован на культивирование, по крайней мере, задатков будущих компетенций. Исходя из конкретной ситуации, необходимо уметь приспособливать разработанную методику для нужд обучаемых. В таком случае конечной целью становится прививание культуры языка, поддержка инициативы самостоятельного изучения языка.

Библиографический список

1. *Зимняя И.А.* Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентного подхода в образовании/ Авторская версия [Текст] / И.А. Зимняя. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. - С. 40
2. *Митрофаненко Л.М.* К вопросу о формировании иноязычной компетенции студентов неязыкового ВУЗа / Материалы XIII научно-технической конференции / Вузовская наука - Северо- Кавказскому региону. Том 2-2009. - С.181.
3. *Сафроненко О.И.* Программно-методическое, технологическое и кадровое обеспечение качества системы многоуровневой языковой подготовки студентов неязыковых вузов / О.И. Сафроненко. - Ростов н/Д: Изд-во ООО «ЦВВР», 2006. - С. 43.
4. *Lobanova T., Shunin Yu.* Competence-based education – a common European strategy/ «Computer Modeling and New Technologies», 2008, Vol. 12, No.2, PP. 45-46.

УДК: 372.851; 372.853

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ОБУЧЕНИЯ

Михайлов В.М. к.г.н., доцент МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Козловский С.А., доцент, МГОУ им. В.С. Черномырдина, Москва, Россия

Эффективность физико-математического обучения и уровень получаемых при этом знаний актуальны в первую очередь для подготовки профессиональных кадров для наукоемких специализаций. И начальным звеном является необходимость формирования надежного фундамента знаний и выработки навыков их уверенного использования уже на этапе среднего образования. Между тем, накопившийся к настоящему времени комплекс проблем в обучении и в первую очередь методических, значительно лимитируют осуществление этого. Их преодоление в проведении ряда мероприятий.

1. Введение понятия восприятие* [2] учебного материала, идентификация стадий его формирования и уровня восприятия как формального критерия качества его усвоения (воспринимается материал или нет, если да, то на каком формальном уровне его сложности).

Восприятие* – способность ученика самостоятельно идентифицировать тематическую принадлежность рассматриваемого теоретического и дидактического материала, распознавать вид (тип) задания, определять перечень и последовательность необходимых действий по его выполнению[2].

2. Введение в учебные программы в виде приложений ко всем разделам теории комплексов необходимых материалов по обобщенным ассоциациям, опорным сигналам и типовым схемам выполнения заданий [1, 4], упрощающих её восприятие и использование;

3. Введение шкалы уровней сложности дидактического материала по формальным признакам [3]. Существующее одноступенчатое их представление без выделения градаций сложности в условии заданий не позволяет учащемуся самостоятельно определять причины неверных действий. Предлагаемая шкала, основанная на оценке сложности условий задач в 5 уровней в зависимости от количества затрагиваемых тематических или логических вопросов, наглядно показывает их структуру, что способствует выработке навыков распознавания и формирования последовательности действий в дальнейшем, при рассмотрении заданий уже с обычным представлением их сложности. Использование данного способа представления дидактических заданий дает также и формальную основу для содержательно-критериальной оценки усвоенных знаний. Существующие же критерии оценки знаний в значительной степени являются качественными. В качестве примера можно привести рассмотрение задач по математике (А) и физике (Б) соответственно III и IV *уровней* сложности и с возможностью их понижения до I.

А. «Из пунктов А и Б с расстоянием между ними 280 км выехали навстречу легковой и грузовой автомобили. При этом легковой автомобиль прибыл в п. Б на 1 час и 10 мин. раньше, чем грузовой в п. А. Определить их скорости, если легковой вторую часть пути проехал на полчаса быстрее, чем первую».

- Для не решивших данную задачу в её вопрос добавляется скрытое в условии первое уточнение (и с переводом задачи на II уровень сложности): «Определить их скорости, учитывая, что до встречи они затратили одинаковое время, а легковой вторую часть пути прошел на полчаса быстрее, чем первую».

- Для несправившихся с данным условием, остается добавить (I уровень) очередное уточнение: «Определить скорости движения автомобилей, учитывая, что они затратили одинаковое время до встречи и легковой вторую часть пути проехал на полчаса быстрее, чем первую, а разность во времени прибытия в конечные пункты справедлива как для прохождения всего пути, так и для его отрезков после встречи».

Б. «Кузнечик сидит на одном из концов соломинки длиной $l=50$ см, покоящейся на гладком полу. С какой минимальной относительно пола скоростью он должен прыгнуть, чтобы при приземлении попасть точно на второй конец соломинки? Масса кузнечика (M) в 3 раза больше массы соломинки (m). Размерами кузнечика и трением между полом и соломинкой пренебречь. Ускорение св. падения $g=10\text{ м/с}^2$ ».

Идею решения можно выразить в следующем виде и последовательности: в качестве системы отсчета используется неподвижный пол (ось

ОХ, рис. 1). При отсутствии трения между соломинкой и полом это позволяет применить закон сохранения импульса относительно пола (оси ОХ). $MV_{гк} = mV_c$, далее $MV_{гк} \cos \alpha = mV_c$; $V_c = 3V_0 \cos \alpha$. (Внесение в условие задачи данного разъяснения понизит её сложность до III уровня);

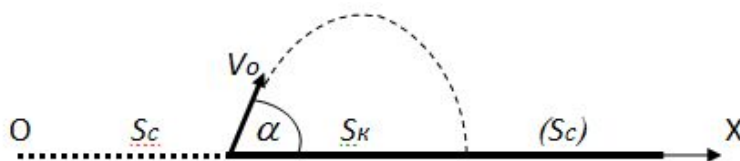


Рис. 1 Схема выбора системы отсчета (ось ОХ) и угла (α) траектории прыжка кузнечика.

- Угол наклона (α) траектории прыжка кузнечика формируется с учетом горизонтальной скорости его движения ($V_{гк}$) и времени, достаточного для перелета на конец соломинки (t). Учет вертикальной составляющей V_0 на следующей ступени *восприятия* задачи позволяет определить время прыжка кузнечика $gt = 2V_0 \sin \alpha$; (понижение сложности до II уровня).

- Сумма длины прыжка кузнечика и величины «отдачи» от прыжка соломинки при отсутствии трения и сохранении их суммарного импульса равны длине соломинки, т.е. $S_k + S_c = \text{■}$; (понижение до I- уровня).

4. Повышение как уровня рефлексии учащихся в анализе учебного материала, так и качества обратных связей «учитель-ученик» в классе на основе создания индивидуально адаптированных схем (способов) выполнения заданий по изучаемым темам [2]. Вначале изучения каждой из тем ученикам выдается структурная схема её теории со всеми формулами и типовые схемы выполнения дидактических заданий. По мере освоения материала учениками в структурную и типовую схемы вносятся личные коррективы и дополнения, обеспечивающие индивидуальное восприятие темы на уровне своих возможностей. Сами же по себе такие схемы только первый шаг в усвоении материала. Так, например, схема 1. по разложению многочленов 4-ой степени с единичными примерами, составленная по учебникам [5], не дает полного представления о возможностях каждом из них.



Поэтому, представляется необходимой разработка отдельных методов (схем) решений задач с примерами, оценкой возможностей и области при-

менения [3] и их воспринимаемым описанием. Цель их использования – прямая помощь учащимся в определении их возможностей в пределах базового уровня знаний и возможная корректура при решении более сложных задач профильного уровня. В качестве примеров можно привести (схема 1, п.3) описание *метода неопределенных коэффициентов (МНК)* по математике (А) и способов решения задач на закон сохранения импульса по физике (Б), индивидуально обобщенных на дидактическом материале.

А. Использование *МНК* представлено в виде обобщенной схемы разложения многочленов и его сравнительных возможностей.

1. Общее описание метода определения квадратных трехчленов, составляющих многочлен $Ax^4+Bx^3+Cx^2+Dx+E$ или $Ax^4+Bx^3y+Cx^2y^2+Dxy^3+Ey^4$ в виде $(a_1x^2+b_1x+c_1)(a_2x^2+b_2x+c_2)$, либо $(a_1x^2+b_1xy+c_1y^2)(a_2x^2+b_2xy+c_2y^2)$. Описание способа обеспечения условий корректности их разложений.

2. Возможности упрощения процедуры и преодоление неопределенностей в оценке коэффициентов трехчленов на основе использования корней многочлена.

3. Оценка сравнительных возможностей использования МНК при разложении многочленов 4-й степени различных видов (симметричных, возвратных, приведенных и не приведенных, а также и иных, не относящиеся к указанным).

4. Описание специфики определения корней многочленов.

5. Преимущества МНК перед остальными методами.

Б. Обобщенная схема решения задач на *закон сохранения импульса*.

1. Запись закона сохранения импульса в общем случае: $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$. Общие указания предварительных действий по анализу направлений импульсов взаимодействующих тел и видам взаимодействий: удар, толчок и т.д.

2. Описание ситуаций по особенностям взаимодействий тел с приведением соответствующих *схем* и *формул*:

І. Центральный удар (движение тел по одной прямой). Детализация движения до взаимодействия (оба или одно тело покоятся; двигаются с одной или разными скоростями; двигаются навстречу друг другу и др.) и после (оба тела двигаются в одну (разные) сторону (ы) с равными (разными) скоростями; одно из тел остановилось, второе двигается; оба тела останавливаются).

ІІ. Нецентральный удар (движение не по одной прямой).

Движение до взаимодействия: (первое тело двигается, второе покоится; оба тела двигаются с одной скоростью; одно тело догоняет другое; оба тела двигаются под углом друг к другу и др.) и после.

3. Запись закона сохранения импульса в скалярном виде по всем осям для всех вышерассмотренных случаев.

4. Применить закон сохранения энергии, если уравнения закона сохранения импульса недостаточно. При этом следует учитывать, что энер-

гия взаимодействия тел не переходит в другие виды либо трансформируется в известном варианте.

Выводы.

Предлагаются методические дополнения в программы обучения, позволяющие:

- обеспечить его технологичность и повысить эффективность;
- формировать структуру индивидуального использования теоретического материала, выявлять пробелы в подготовке и объективно оценивать уровень собственных знаний учащимися;
- повышать уровень и содержательность рефлексии учащихся;
- моделировать уровень индивидуального восприятия учебного материала в пределах базового образования. При востребованности обеспечивается выход и на его профильный уровень;
- сформировать формальную содержательно-критериальную основу оценки знаний учащихся.

Библиографический список

1. Груденов Я.И. Психолого-дидактические основы методики обучения математике. – М.: Педагогика, 1987. – 160 с.
2. Михайлов В.М. Блок-схемы – один из этапов решения задач.– «Математика в школе», №7. – 2012. – с. 23-27.
3. Михайлов В.М. Об уровне восприятия учебного материала как показатель качества и результативности обучения. “Фундаментальные и прикладные проблемы физики”, VII Межд.науч.-техн.конф.28-30 мая 2012г. Саранск, Ч.2, с.119-123.(Тезисы).
4. Мордкович А.Г., Николаев Н.П. Алгебра. 7 класс. В 2ч. Ч.1./– М.: Мнемозина, 2009. – 191с.)
5. Шаталов В.Ф. Алгебраические волны. – ИПЦ «ИЧП Чуйкина Л.А.», 2009, 28с.

УДК: 378.1

О ФОРМИРОВАНИИ СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

*Манджиев А.А., ассистент каф. иностранных языков
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Конец XX — начало XXI века в сфере высшего профессионального образования прошло под знаком смены основной парадигмы: специалисты

отошли от традиционного подхода в обучении, когда во главу угла ставилось знание, и сейчас все большее внимание необходимым наборам умений и навыков, компетенций. Современный мир требует от специалиста не только и не столько определенных знаний, но еще и способности постоянно обучаться, поддерживать и развивать приобретенные умения, знания.

Образ нынешнего профессионала неотъемлемой своей составляющей включает также и умение находить общий язык, налаживать контакты и эффективно обмениваться информацией с представителями различных культур. Такая «космополитизация» специалиста подталкивает вузы к необходимости создания поликультурного образовательного пространства, совокупности образовательных и воспитательных средств, направленных на развитие социокультурной компетентности личности.

Являясь частью коммуникативной компетенции, социокультурная компетенция с трудом поддается строгой идентификации, другими словами, не существует пока четкого понимания того, что и как следует проверять в плане социокультурной компетентности, попытки создания своеобразных реестров знаний о том, «что нужно знать о той или иной культуре» выглядят достаточно искусственными, а их избирательность мало подходит для целей формирования «универсальной» компетентности коммуникации с представителями различных культур.

Специфика технического вуза ставит перед специалистами, взявшимися за построение поликультурного образовательного пространства подчас трудновыполнимые задачи: традиционно (и естественно) ответственность за формирование коммуникативной компетентности учащихся возлагается в программах обучения на предметы гуманитарного цикла – «Иностранный язык» и «Стилистика русского языка и культура речи», например. Тем не менее, количество аудиторных часов, отводимых на эти предметы, только сокращается, иностранный язык для специальных целей может преподаваться вчерашним школьникам (на первом курсе обучения в вузе), когда они еще не обладают знаниями и умениями специалиста в своей области. Еще одним сильным фактором в рассматриваемом вопросе является общая низкая подготовка по гуманитарным предметам поступающих в технические вузы: в учебной работе мы нередко сталкиваемся с ситуацией, когда иностранный язык абитуриенту, по его заверениям, не преподавался вообще; вместе с тем, дисциплина «Иностранный язык» в глазах студентов воспринимается скорее как повинность, имеет сравнительно небольшую важность, а эффективному обучению препятствует психологическая установка «Иностранный язык — не мое».

Что же можно в этой непростой ситуации предпринять для развития социокультурной компетентности среди студентов-технарей? Для создания поликультурного образовательного пространства требуются комплексные меры как учебного, так и внеучебного характера.

К последним возможно отнести общие усилия по знакомству студентов с различными культурами, по тому, что в западной традиции называют «raising cultural awareness»: в этой связи следует помнить, что социокуль-

турная компетентность — это не только опыт общения с представителями иных культур, но и осознание собственной культурной идентичности. Различные тематические «фестивали культур», внеучебные мероприятия, знакомящие студентов с артефактами иных культур, музыкой, литературой, искусством, традициями, позволяют четче определить свою идентичность в сопоставлении с иными культурами, осознать все единство человечества в многообразии культур и цивилизаций. Подобные мероприятия вносят разнообразие в учебно-воспитательный процесс и безусловно будут интересны студентам.

Помочь в приобщении к различным культурам может также деятельность различных клубов и кружков по интересам при университетах, организующих досуг учащихся: опосредованное приобщение к иной культуре происходит во время осознанных усилий студента по освоению интересующих его умений и знаний, будь то латино-американские танцы или восточно-азиатские настольные игры.

Очевидно, что перегруженные учебные программы технических вузов не позволяют внедрение отдельной дисциплины по развитию социокультурной компетентности. Кроме того, вынесение социокультурного аспекта в отдельный элемент программы, на наш взгляд, был бы малоэффективным шагом: переложение ответственности за такой сложный аспект обучения на еще одну гуманитарную «повинность», лишит нас возможности комплексного воздействия¹.

На наш взгляд, наилучшим решением будет дополнение существующих программ «вкраплениями» социокультурной направленности. Далее приведем примеры заданий, дополняющих развитие трех видов речевой деятельности на английском языке.

Аудирование

Целью подобных заданий может быть не только знакомство учащихся с различными диалектами и вариантами английского языка (американский английский, индийский английский и др.): но и получение ими представлений о возможных различиях в социальном, этническом происхождении носителей одного и того же языка, избавит от стереотипного представления о носителях иностранного языка.

Учащиеся прослушивают фрагменты речи, звучащие с различными акцентами, упоминая какие-либо реалии повседневной жизни носителя диалекта (варианта) языка. После прослушивания учащиеся высказывают свои предположения о происхождении говорящего, его сфере деятельности и т.п. Сложность задания можно варьировать наличием/отсутствием

¹ Безусловно, сама возможность развития социокультурной компетентности вне рамок отдельной дисциплины (например, на занятиях по английскому языку) в этом случае останется, однако, в вышеупомянутых условиях слишком велик будет соблазн потратить время и усилия на развитие более «насущных» компетентностей, оправдывая эти шаги наличием отдельной дисциплины

визуальных, текстовых опор во время прослушивания, последующую продукцию речи облегчить и «направить» набором предоставляемых студентам ключевых слов.

Следует отметить, что создание такого учебного материала - весьма трудоемкий процесс, требующий тщательной методической проработки заданий и основательной технической базы.

Чтение

Наиболее трудоемкий вид задания для студентов: студенты читают произведения современно англоязычной прозы (либо фрагменты таких произведений), идентифицируют и заполняют лакуны собственных фоновых знаний (знаний о реалиях иноязычной культуры), обсуждают описываемые явления, действия и реакции героев на них, стараясь объяснить их.

Каждый акт прочтения художественного текста – своеобразное со-творчество читателя и автора, а сам литературный текст – возможность для читателя приобщиться к опыту, переживаниям автора, взглянуть на мир его глазами.

Препятствием к широкому применению иноязычных художественных текстов в техническом вузе является низкий уровень владения иностранным языком учащихся. Однако по нашему мнению, возможно создать подборку из наиболее показательных (в плане социокультурной проблематики) фрагментов современных рассказов для того, чтобы научить студентов чувствовать аллюзии, отсылки к артефактам иной культуры, расширить, насколько это возможно, кругозор.

Данный вид заданий можно варьировать в объеме индивидуально в зависимости от подготовки конкретного учащегося. В своем идеальном варианте это должно быть «Домашнее чтение» с последующим обсуждением на занятии.

Говорение

Пожалуй, данный вид заданий будет наиболее доступным и эффективным для практического применения в нынешних условиях: предлагается создание ряда заданий-тренингов, ролевых игр, в ходе которых учащиеся примеряют на себя роли носителей различных культур. Такие тренинги в игровой форме ознакомят студентов с различиями в ощущении времени, проксемике, невербальной коммуникации представителей разных типов культур, научат предвидеть конфликты и ситуации непонимания в общении.

Задачей преподавателя в этом случае является распределение ролей, проведение обобщающей беседы после игры, когда учащиеся делятся своими впечатлениями и мнениями.

Вышеописанные примеры заданий — лишь некоторая часть того глобального комплекса, который необходимо выстроить в техническом университете для успешного формирования социокультурной компетентности учащихся. Несмотря на все трудности, автор надеется, что создание и вне-

дрение элементов программы, формирующих социокультурную компетентность, не заставит себя ждать.

Библиографический список

1. Скугарова Ю.В. Иноязычный литературно-художественный текст: филологический и дидактический аспекты: монография. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009.
2. Соловова Е.Н. Методика обучения иностранным языкам: продвинутый курс. – М.: АСТ, 2008.

УДК: 372.85; 372.853621.396.2

КОМПОНЕНТЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА (СТРУКТУРНОСТЬ, ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ, ИНТЕРАКТИВНОСТЬ), ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПОДГОТОВКУ КРЕАТИВНОГО СПЕЦИАЛИСТА В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Маслина Л.Я. к.т.н., доцент МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Мельчаков В.Н. ст. преподаватель МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Танетова Н.П. ст. преподаватель МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Михайлов В.М. к.г.н., доцент МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Главной задачей высшей школы является развитие творческих качеств личности, способности воспринимать и перерабатывать новые научные идеи, анализировать и применять их в условиях профессиональной деятельности. Однако сегодня система образования не обеспечивает решение этой задачи.

Нужна новая образовательная среда, новые технологии обучения, предусматривающие эффективное участие аудитории в усвоении учебного материала и позволяющие реализовать потенциал индивидуального подхода при подготовке специалистов.

Поэтому основой повышения эффективности образования в первую очередь является оптимизация содержания и формы учебного процесса, что вызывает необходимость разработки (в том числе и коллективной) дидактического материала (ДМ) по учебным дисциплинам специальности.

Последовательность разработки ДМ можно представить в следующем виде:

1. Анализ содержания учебной дисциплины (УД) (определение основных взаимосвязанных разделов УД);
2. Анализ внутрипредметных связей;

3. Составление логически структурированной схемы УД (ЛССУД);
4. Составление логически структурированных разделов ЛССУД;
5. Разработка невербального логически структурированного дидактического материала каждого подраздела разделов УД;
6. Весь материал оформляется в виде невербального логически структурированного учебного пособия (НЛСУП) по учебной дисциплине.

Разработка НЛСУП первоначально реализуется каждым преподавателем учебной дисциплины и далее совместной работой коллектива преподавателей и представителей заказчика. Коллективная работа обеспечивает оптимизацию содержания НЛСУП и необходимую корректировку. Дидактический материал в виде НЛСУП используется в учебном процессе преподавателем и обучающимися. Визуальное восприятие дидактического материала формирует рефлексии аудитории, являясь «мотивационной пружиной», заставляющей подняться на уровень мышления, благодаря чему обеспечивается возможность реализации креативной технологии обучения (КТО).

При КТО все виды и формы занятий со студентами основной составляющей включают мыслительный процесс (МП). Формирование и развитие МП реализуется в активных методах обучения и эффективной организацией самостоятельной работы студентов.

Восприятие материала учащимися мотивирует их помощь преподавателю в виде активного участия, как в обсуждении, так и в доработке дидактического материала и составлении соответствующего текстового приложения к НЛСУП. Неоценимую поддержку в подготовке к изданию НЛСУП, а также текстового приложения к нему оказывает приобщение студентов к работе в форме курсовых работ.

Разработанный дидактический материал прекрасно поможет при обучении молодых педагогов, обеспечит преемственность в преподавании учебной дисциплины, а также дальнейшее совершенствование и дополнение дидактического материала в соответствии с новейшими научно-техническими достижениями.

В процессе коллективной работы преподавателей над НЛСУП по конкретной дисциплине автоматически решается задача повышения квалификации преподавателя (работа с литературой, обсуждение предложений и их структурирование в общий НЛСУП, работа с ведущими специалистами в соответствующей области (заказчик), работа с обучаемыми (апробирование уровней и стадий восприятия)).

Разработанное учебное пособие предназначено для личного пользования учащимися в учебном процессе, как во время аудиторных занятий, так и при самостоятельной работе. На аудиторных занятиях учащийся освобождается от рутинной работы перерисовки иллюстраций и конспектирова-

ния, а необходимые ремарки по собственному усмотрению вносит в дидактический материал.

При использовании НЛСУП в учебном процессе реализуется принцип индивидуального подхода при групповой форме обучения. Методические приемы преподавателя с опорой на НЛСУП обеспечивают вхождение учащегося в пространство идей и понятий, подлежащих изучению. Использование НЛСУП в учебном процессе в полной мере обеспечивают реализацию инноваций в построении учебного процесса, внедрение креативной технологии обучения и позволяет организовать высокомотивированное обучение путем раскрепощения творческого начала. При этом одновременно обеспечивается повышение не только качества обучения самих учащихся, но и собственной квалификации педагога.

Разработанные НЛСУП по соответствующим дисциплинам специальностей являются основой анализа и выстраивания межпредметных связей учебных дисциплин ВУЗа, а также преемственность в системе «Школа-ВУЗ».

Разработка структур учебных дисциплин специальностей является фундаментом самоорганизации системы образования (ССО), а их отработка в компонентах образовательного процесса путь к её становлению.

В качестве примеров приведено разработанное НЛСУП по дисциплине «Радиотехнические системы» [См. сайт www.rntores.ru (Общество РНТОРЕС им. Попова А.С.) раздел КНИГИ], а также фрагменты НЛСУП по предмету «Когерентно-оптические системы» (рис. 1) и «Основы телевидения» (рис. 2).

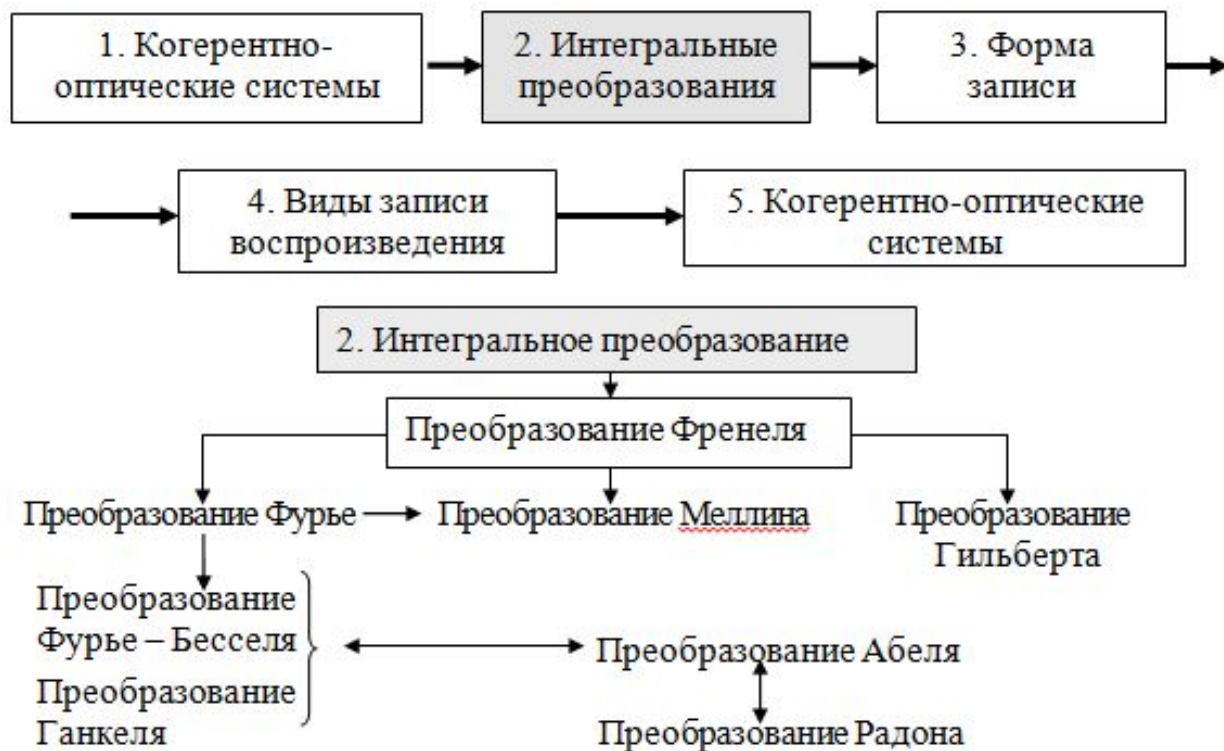


Рис. 1

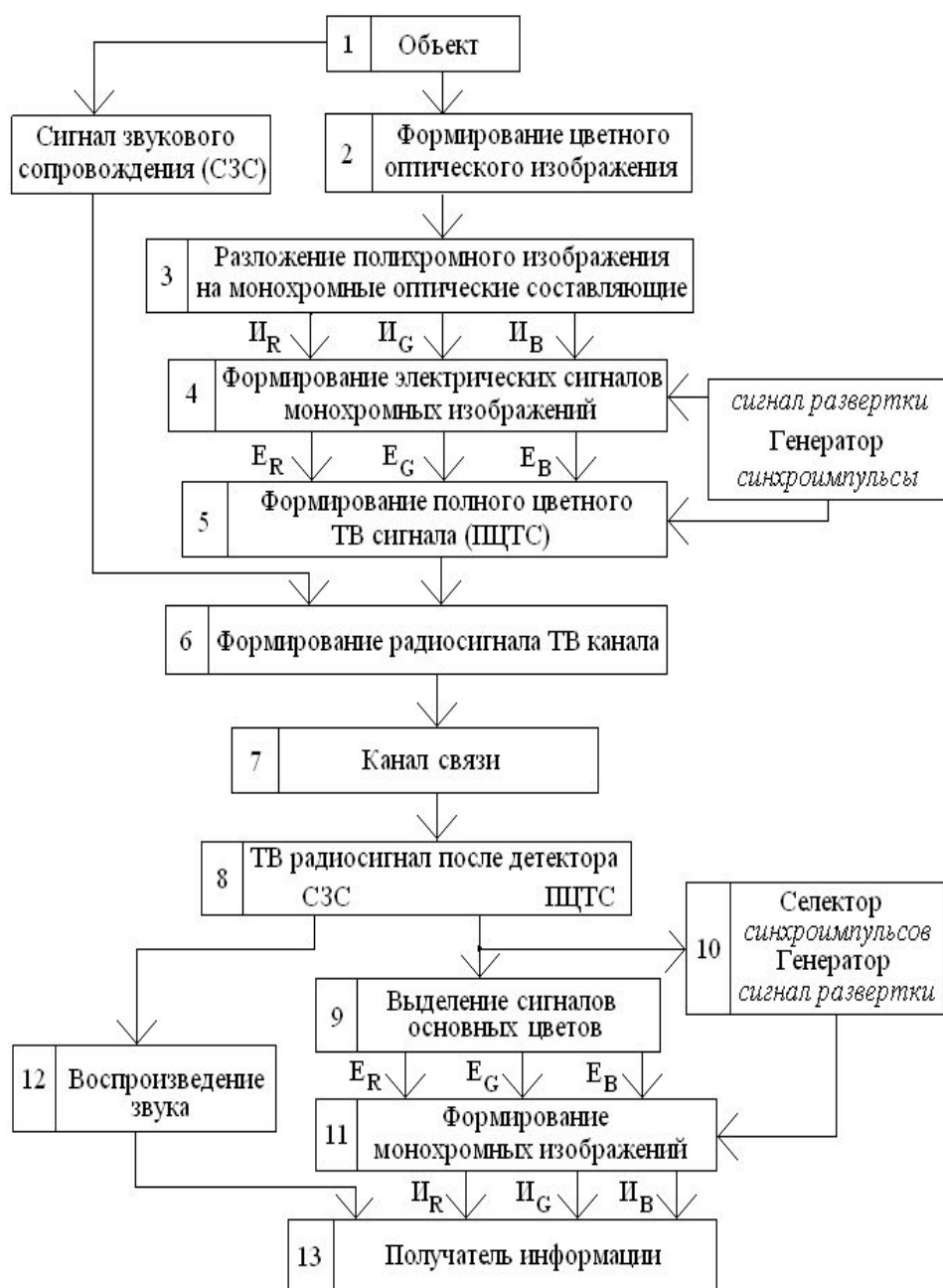


Рис. 2

Таким образом, разработка и внедрение НЛСУП в учебный процесс меняет устоявшиеся представления о методике, средствах и организации учебного процесса и системы образования в целом.

Библиографический список

1. Маслина Л.Я. Основы теории радиотехнических систем. — М.: МИРЭА, 1993 г. — 77 с.
2. Маслина Л.Я., Адрианова Е.Г. Реализация инновационных технологий в образовании с опорой на невербальное логически структурированное учебное пособие по дисциплине. II-Международная научно-

техническая конференция «Инновационные технологии в образовании», сборник статей. — Пенза: АННОО «Приволжский Дом знаний», 2009 г.

3. Маслина Л.Я., Танетова Н.П. Реализация креативной технологии обучения на базе разработки невербального логически структурированного учебного пособия по дисциплине «Оптическая голография» Научно-техническая конференция МИРЭА. Сборник трудов. Часть 5. Проблемы высшего образования. — М.: МИРЭА, 2010 г. — с. 39-44.

4. Михайлов В.М. Блок-схемы – один из этапов решения задач. – «Математика в школе», №7. — 2012. — с. 23-27.

УДК: 37.01

К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Матренина Л.Ф., к.ф.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Современная эпоха – эпоха становления общества знания. Превращение знания в ключевой ресурс функционирования и развития общества ведет к существенной трансформации традиционной системы образования. Главная особенность образовательной политики в обществе знания и экономике знаний заключается в том, что «образование более не является привилегией какой-либо элиты, ни фактом принадлежности к какой-либо возрастной категории: оно скорее всего относится ко всему сообществу в целом и к продолжительности существования индивидуума» [1, с. 27]. Формируется новая образовательная стратегия: определяющим становится «научиться учиться» (П. Друкер). «Научиться обучаться означает научиться размышлять, сомневаться, как можно скорее приспособливаться, уметь обращаться к своему культурному наследию, соблюдая при этом общность мнений: вот основа существования обществ знания» [1, с. 64].

Основу концепции модернизации системы образования, в том числе и российской системы образования, составляет обеспечение качества образования. Принимая во внимание данное обстоятельство, обратимся к анализу определения «качество образования», представленное в недавно принятом Федеральном Законе «Об образовании в Российской Федерации» (декабрь, 2012 г.) [2]. Заметим при этом, что определение и уточнение ключевых понятий является необходимым условием для исследований в соответствующих областях эмпирического и теоретического познания, что, в конечном счете, отражается на уровне принятия эффективных практических решений. Определить понятие – это значит раскрыть существенные признаки его содержания, указать такие свойства определяемой сущности, которые, не составляя самой этой сущности, следуют из нее. На эту специфику определений указывал еще Аристотель.

В Законе «Об образовании...» (Статья 2) представлены определения

основных понятий, к числу которых относится и качество образования: «качество образования – комплексная характеристика образовательной деятельности и подготовки обучающегося, выражающая степень их соответствия федеральным государственным образовательным стандартам, образовательным стандартам, федеральным государственным требованиям и (или) потребностям физического или юридического лица, в интересах которого осуществляется образовательная деятельность, в том числе степень достижения планируемых результатов образовательной программы» [2, с. 9].

В данном определении качество образования рассматривается, прежде всего, как «комплексная характеристика образовательной деятельности и подготовки обучающегося». Комплексная характеристика есть не что иное, как выделение (описание) совокупности отличительных свойств деятельности «по реализации образовательных программ» (именно так определяется образовательная деятельность в рассматриваемом Законе) и особенностей подготовки обучающегося, под которым понимается «физическое лицо, осваивающее образовательную программу». Далее в определении выделяются основные отличительные свойства образовательной деятельности и подготовки обучающегося, определяющие качество образования, к которым относятся: во-первых, степень их соответствия образовательным стандартам и требованиям; во-вторых, степень соответствия потребностям физического или юридического лица (по сути субъекта), в интересах которого осуществляется образовательная деятельность и подготовка обучающегося. Рассмотрим эти особенности.

Первое. Акцент на стандарты (в Законе выделены федеральные государственные образовательные стандарты, образовательные стандарты, федеральные государственные требования) при определении качества образования не случаен. Стандарт (от англ. *standard* – норма, образец) как нормативный документ устанавливает нормы, правила, требования к объекту стандартизации. В процессе стандартизации выявляются существующие взаимосвязи между частями целого, без которых было бы невозможно его бытие, определяются границы достижения качества (иначе говоря мера совершенства). Соответственно, стандарты и стандартизация – необходимые условия формирования и функционирования любой организованной целостности, в том числе и системы образования. Они придают оптимальную упорядоченность, устойчивость и стабильность системе. Но в силу того, что основными методами стандартизации являются симплификация, типология, унификация, происходит переход от многообразия к единообразию на основе установления рационального числа разновидностей элементов одинакового функционального назначения и т.д. Это – неизбежные следствия стандартизации, которые особенно заметны в условиях формирования глобальной образовательной среды, когда широкое распространение получают типовые образовательные стандарты, способы и методы измерения качества обучения. Закрепление за знаниями измерительных единиц приводит к необходимости разработки таких знаний, которые были бы совместимы с единицами измерения (стандартизированные знания), «чтобы иметь возмож-

ность измерять их количественно (при помощи единиц), а затем и качественно (по шкале)». Как следствие, «единицей измерения может стать скорость выполнения когнитивных задач, даже тех задач, которые требуют размышления, а стало быть, времени. Предпочтение отдается краткому изложению, что приучает обучаемого к беглому ознакомлению со знанием, а не к его анализу... Обобщая оценку знаний, «храмы науки» рискуют, таким образом, превратиться в супермаркеты, торгующими информацией или стандартизированными когнитивными навыками» [1, с. 64].

В связи с этим актуализируется вопрос о направленности стандартизации современного образования: составляет ли она необходимую основу для новых усовершенствований, как самой образовательной деятельности, так и ее результатов, или влечет за собой инертность, являясь барьером, препятствующим дальнейшему улучшению? Представляется, что одним из возможных путей преодоления унификации и единообразия в образовательном процессе в условиях интеграции российской системы образования в международное образовательное пространство, с одной стороны, и деструктуризации образовательного пространства, с другой, является полистандартизация образования, которая достигается посредством приверженности к существующим социально-культурным, образовательным нормам-традициям, получившим распространение в том или ином обществе, направленных на воспроизводство социокультурного опыта, и введением международных стандартов, как закономерных результатов современных процессов глобализации и информатизации мира [3]. Приоритет, отданный в Законе «Об образовании...» федеральным государственным образовательным стандартам, образовательным стандартам, федеральным государственным требованиям, отвечает современным требованиям сохранения классических традиций, сложившихся в российской системе образования.

Второе. Как отмечается в рассматриваемом Законе, важный фактор качества образования – степень соответствия образовательной деятельности и подготовки обучающегося потребностям субъекта, в интересах которого осуществляется эта деятельность и подготовка. (В качестве субъекта выступает физическое или юридическое лицо.) Нельзя не согласиться с тем, что эффективность системы образования во многом определяется тем, насколько «встроены» в нее механизмы выявления потребительских интересов и ожиданий. Сегодня запросы общества формируются под влиянием рыночной экономики; наблюдается востребованность профессионалов, обладающих определенным набором качеств или компетенций (от лат. *competto* – добиваюсь, соответствую, подхожу) в виде знаний, умений, навыков: способность к инновациям, мобильность, умение принимать решения, адаптивность, ответственность и т.д. Компетентностный подход к образованию направлен на подготовку профессионалов, точнее «работников умственного труда» (по терминологии П. Друкера), которые являются доминирующей социальной группой в обществе знания. Они создают новые

ценностные ориентиры. Успех, престиж, известность, свобода индивидуального самовыражения, – всё то, что обуславливает положение человека в обществе, становится значимым для данной группы людей. Образование все более сводится к обучению, направленного на формирование профессиональных и личностных компетенций. Рыночная ориентация системы образования, в которой основной акцент сделан на компетенции, превращает образование в услугу, а общество знания – в общество глобальных компетенций.

Образование есть единый целенаправленный процесс воспитания и обучения (Закон «Об образовании...». Статья 2), поэтому одна из важнейших задач современного образования заключается в формировании целостной личности, ее духовно-нравственных ценностей. Осознание бесперспективности стандартизированных жизненных установок, соответствующая их переоценка, понимание важности проблемы сохранения «человеческого качества» знания ведут к переосмыслению места и роли воспитательной функции образования.

Таким образом, определение понятия «качество образования», представленное в Законе «Об образовании...», в целом направлено на выявление его сущности и специфических особенностей. Однако, как и любое другое определение, оно ограничено и не выражает всего богатства сущности. Более того, исследователи особо отмечают: «Вопрос о многомерности понятия качества образования ... должен обязательно оставаться открытым для многочисленных подходов, синтез которых в дальнейшем позволит выработать дополнительные методологии, которые помогут лучше всего понять сложные насущные вопросы» [4, с. 5].

Библиографический список

1. К обществам знания. Всемирный доклад ЮНЕСКО. – Издательство UNESCO, 2005. – 240 с.
2. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» (от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ). [URL]: <http://минобрнауки.рф>
3. Матренина Л.Ф., Ручкина Г.Ф. Стандартизация образования в информационную эпоху. Методологический анализ // Alma mater. Вестник высшей школы. – 2012. – № 4. – С. 21-25.
5. S. Tawil, A. Akkari, B. Macedo. Beyond the Conceptual Maze. The notion of quality in education // UNESCO Education Research and Foresight. Occasional papers. 02 March, 2012. – 16 с.
6. Друкер П. Задачи менеджмента в XXI веке. – М.: Вильямс, 2007. – 286 с.

О ЗНАЧЕНИИ УЧЕТА СТРУКТУРЫ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ

Михайлов В.М. к.г.н., доцент МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

На всех этапах обучения от начального до высшего необходимость учета структуры учебного материала бесспорна. Но лишь в спецкурсах последнего этапа это происходит в явном виде. Между тем, уже на восьмилетнем и заключительном этапах среднего образования и особенно при усвоении спектра внутри- и межпредметных взаимосвязей учебного материала заметно лимитирующее влияние её учета в основном «по умолчанию» на эффективность учебного процесса. Это в свою очередь приводит к потере практических навыков, и прежде всего неумению учащихся обосновывать и формировать последовательность необходимых действий по выполнению заданий и особенно сложно структурированных. Поэтому, овладение навыками учета структуры наряду с конкретными знаниями по способам и видам решений является насущной методической задачей обучения. Для этого требуется проведение ряда мероприятий. Прежде всего, следует ввести формальную основу содержательно-критериальных оценок усвоения учебного материала и в том числе его структурных свойств. Для этого предлагается ввод понятия его восприятия² и показателя уровня восприятия, дающих полное представление об используемом «инструментарии» решения задач [2]. В комплексе мер также предусматривается:

- введение многоуровневого представления сложности дидактического материала (рис.1) на 25-30% от его общего объёма, что будет достаточным для выработки навыка учета структуры (рис. 2, 3) выполняемых заданий;
- знакомство со структурой рассматриваемого материала по теме [2] (теории и типовых схем решения заданий) в полном виде с начала её изучения.

Объясняется это тем, что обретение навыков уверенного ориентирования во всем изученном материале невозможно без наличия у учащегося или студента представлений обо всей тематической перспективе, о «внут-

² Восприятие – способность ученика самостоятельно идентифицировать тематическую принадлежность рассматриваемого теоретического и дидактического материала, распознавать вид (тип) задания, определять перечень необходимых действий и последовательность по его выполнению [1].

ренных и внешних» взаимосвязях отдельных понятий или формул, накапливаемых и фиксируемых по мере их рассмотрения.



Рис. 1 Схема одно ($\Rightarrow$) – и многоуровневого (I-V) представления сложности дидактических заданий.

Пример с геометрической задачей IV-го уровня сложности.

В $\triangle PQR$ медиана $QM = \frac{3}{4}\sqrt{21}$ и проведена из Q к основанию. Окружности с центрами P и R с радиусами 5 и 1 соответственно касаются друг друга. Вершина Q лежит на прямой, касающейся каждой из окружностей. Найти площадь $S_{\triangle PQR}$, если известно, что $S < 7$.

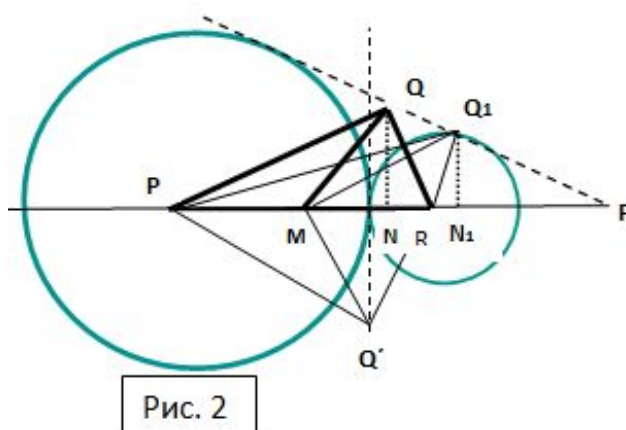


Рис. 2

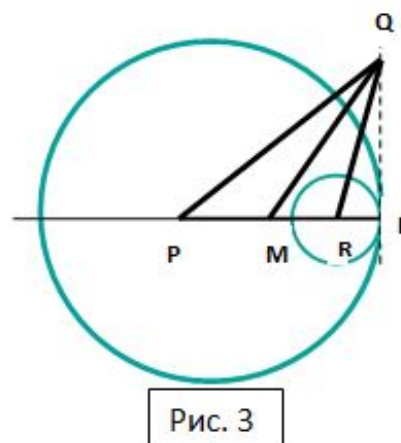


Рис. 3

Идея решения задачи формируется с учетом структуры её условия по этапам:

1. выбора взаимного положения окружностей (рис. 2, 3);
2. положения их касательных;
3. оценки необходимых параметров в построенных треугольниках.

В итоге вычислений решения найдены по $\triangle PQ_1R$ (рис. 2) и $\triangle PQR$ (рис. 3). При снижении сложности задачи до III уровня вопрос задачи формулируется уже с дополнением (выделено курсивом с подчеркиванием) в условие: «Найти площадь S треугольника PQR с учетом возможного внутреннего и внешнего касаний окружностей, если известно, что $S < 7$ ».

Для II уровня дополнение в условие задачи имеет вид: «Выполнить варианты построений искомых $\triangle PQR$ с учетом возможного внутреннего и внешнего касаний окружностей и особенностей положения касательных линий по отношению к ним. Найти его площадь S если известно, что $S < 7$ ».

Для I уровня дополнение примет вид: «Выполнить варианты искомых построений ΔPQR с учетом возможного внутреннего и внешнего касаний окружностей и особенностей положения касательных линий по отношению к ним. Учитывая соотношения сторон и признаки подобия в прямоугольных треугольниках, найти его площадь S , если известно, что $S < 7$ ».

Совмещение учета структуры с использованием знаний теории при выполнении учебных работ позволяет повысить содержательность рефлексии обучения, что приводит к более эффективному «декодированию» условий задач и определению последовательности необходимых действий. Последнее представляет собой не что иное, как синтез индивидуально формируемой структуры использования отдельных положений (блоков) теоретического материала. Её в общем виде можно представить следующим образом (рис.4).

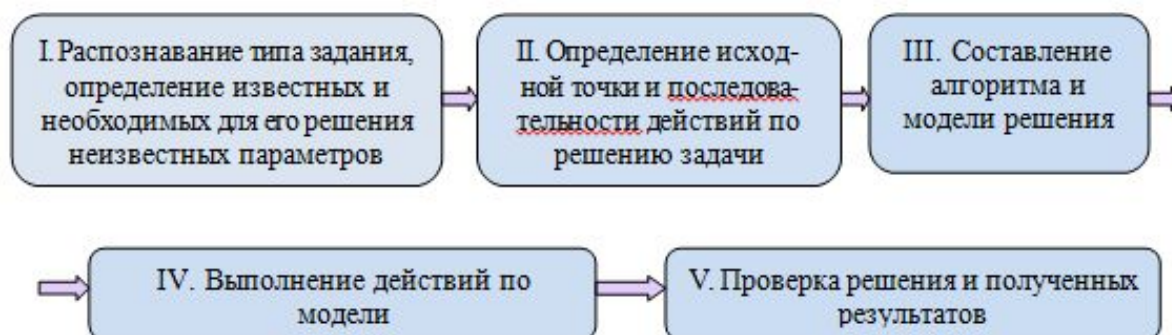


Рис. 4

Учет структуры учебного материала должен быть постоянным элементом обучения, поскольку необходим в учебной практике и, особенно, в инженерно-конструкторских специальностях. Поиск любого решения предваряется структурным анализом ситуации, после чего осуществляется уже выбор средств выполнения задания. Так, при разработке радиотехнических систем первым этапом работы является составления структурной схемы разрабатываемого устройства. И только потом можно переходить к функциональной схеме и формированию её отдельных блоков [3].

Значимость учета структуры также и в её преемственности и трансформации содержания на всех этапах её функционирования. На этапе обучения формируется понятие о структурной основе знаний. Далее этап использования полученных знаний для формирования технологических структур – разработки технических устройств, технологий производств, обучения и др. И, наконец, обеспечение функционирования (эксплуатация) разработанных структур.

Библиографический список

1. Михайлов В.М. Блок-схемы – один из этапов решения задач.– «Математика в школе», №7. – 2012. – с. 23-27.
2. Михайлов В.М. Об уровне восприятия учебного материала как показатель качества и результативности обучения. “Фундаментальные и при-

кладные проблемы физики”, VII Межд. науч.-техн. конф. 28-30 мая 2012г. Саранск, Ч.2, с.119-123.(Тез.).

3. Маслина Л.Я., Балагур А.А., Волков С.И. Радиотехнические системы: Учебное пособие / ГОУ ВПО “Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)” – М., 2010. – 79 с.

УДК: 378.1

К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОЙ ВТОРИЧНОЙ ЯЗЫКОВОЙ ЛИЧНОСТИ В НЕЯЗЫКОВЫХ ВУЗАХ

*Нанай Ф.А., к.п.н., доцент кафедры иностранных языков
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Изменение роли иностранных языков в современном российском обществе, интеграция страны в мировое экономическое пространство, рост международных связей, укрепление контактов с зарубежными партнерами, рост потребностей современных специалистов в использовании иностранного языка в социокультурном пространстве современной профессиональной коммуникации послужили основой для трансформации системы языковой подготовки в высшей школе.

В отечественной лингводидактике обучение иностранному языку рассматривается как процесс формирования вторичной языковой личности. Следует также понимать, что в условиях неязыкового вуза формирование вторичной языковой личности возможно, но в ограниченных пределах, определяемых потребностями социокультурной среды иноязычного профессионального общения.

Следовательно, стратегической целью обучения иностранному языку в технических и других вузах неязыкового профиля должно стать формирование профессионально ориентированной вторичной языковой личности, содержание всех уровней которой (вербально-семантического, лингвокогнитивного, мотивационного) минимизировано в соответствии с особенностями сфер и ситуаций профессионального иноязычного общения.

Говоря о содержательном компоненте выше обозначенных уровней профессионально ориентированной языковой личности, следует отметить, что:

- вербально-семантический уровень – есть средство или инструмент для решения профессиональных коммуникативно-деятельностных задач;
- лингвокогнитивный уровень включает в себя тезаурус профессионально-специализированной предметной области и может рассматриваться как источник проблемных когнитивно-коммуникативных задач, стимулирующих активность речемыслительной деятельности студента;

- мотивационный уровень связан с прагматикой профессионально-деятельностных потребностей личности.

МГТУ МИРЭА ведет подготовку будущих инженеров, ориентируя студентов на творческий характер их будущей деятельности, на овладение ими методами познания и общения, на приобретение навыков самостоятельной поисковой деятельности. Иностранный язык вносит свой положительный вклад в эти компоненты профессионализма. Научно-профессиональное общение инженеров в современном мире невозможно без иноязычной коммуникации.

Научно-профессиональное общение на языке включает разные виды речевой деятельности: чтение научных текстов, переписку, устное общение на конференциях, ведение деловой беседы, участие в переговорах, презентации. Для иноязычной коммуникации инженеры должны владеть подязыком специальности, который включает в себя общеупотребительную, общенаучную и специальную, то есть терминологическую лексику, грамматику для чтения и письма, а значит знать структуры, употребляемые только в письменной речи и грамматику для устного общения, знать клишированность вербальных и невербальных средств сообщения.

Иностранный язык в максимальной степени востребован при научно-техническом сотрудничестве (международные научные конференции), участии в совместных научных исследованиях и разработках, обмене результатами исследований, заключении контрактов на поставку оборудования, приборов, материалов. В таких мероприятиях реализуется профессиональное иноязычное общение, в них участвуют профессионалы, которые принадлежат к различным лингвокультурным обществам, но владеют общим понятийным аппаратом, общим тезаурусом. В связи с этим ориентация в учебном процессе на формирование соответствующих умений, обеспечивающих готовность выпускников технических вузов оперировать языковыми знаниями для осуществления профессионального общения в процессе межкультурного взаимодействия, представляется весьма актуальной. Ее также можно рассматривать в качестве основы для моделирования различных, в разумной степени минимизированных ситуаций формализованного межкультурного научно-профессионального общения, функционального отбора соответствующих этим ситуациям речевых средств и стратегий коммуникативного взаимодействия, их отработка в коммуникативных упражнениях. Профессионально ориентированная подготовка студентов МГТУ МИРЭА по иностранному языку осуществляется на основе моделирования предметно-смыслового содержания лингвистического материала иноязычной культуры, аутентичного, дифференцированного, национально-культурно значимого; моделирования процесса иноязычного общения как процесса взаимодействия и педагогического сотрудничества в контексте диалога культур; моделирования процесса обучения иностранному языку на основе коммуникативных универсалий; моделирования обучения на основе проблемно-деятельностного подхода и передачи обучаемым активной деятельностной позиции.

Исходный уровень владения иностранным языком у поступающих в вуз абитуриентов не всегда является достаточным для достижения программных целей, что диктует необходимость индивидуального доучивания и ликвидации недоработок школьного курса иностранного языка. Вместе с тем, в вузах нелингвистического профиля количество отведенного времени на иностранный язык, входящего в цикл общегуманитарных и социально-экономических дисциплин составляет всего 144 часа аудиторных занятий и 180 часов самостоятельной (внеаудиторной) работы студентов, которые и можно рассматривать в качестве резерва для доучивания и оптимизации процесса обучения. Эти внеаудиторные часы занятий по иностранному языку должны быть использованы максимально и эффективно. А для этого требуется разработка соответствующих учебно-методических материалов для самостоятельной (внеаудиторной) работы студентов на основе текстового материала, который должен решить задачу приобщения первокурсника к профессиональной проблематике, отвечающей профилю вуза.

И все же стоит отметить еще раз, что традиционный вузовский курс иностранного языка, ограниченный 324 часами, отведенными Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования, не может обеспечить более или менее достаточного уровня владения языком. Разрешить такую ситуацию позволила дополнительная образовательная программа, реализуемая параллельно освоению основной образовательной программы по иностранному языку. МГТУ МИРЭА в 2002 году приступил к образовательной деятельности по такой программе дополнительного (к высшему) образования по подготовке специалистов с присвоением дополнительной квалификации «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации».

Данная программа пользуется невероятной популярностью среди студентов, так как они получают уникальную возможность заниматься языком в совершенно ином контексте, чем было раньше, - очевидна личная мотивация, заинтересованность, соотнесенность и привязанность к основной специальности. Данная программа предполагает овладение студентами иностранным языком, способствует развитию у них переводческой компетенции и имеет прагматическую ценность: студенты начали осознавать, что в современных условиях развития международных связей владение иностранным языком является одним из первостепенных факторов их успешной профессиональной карьеры, значительно повышающим конкурентоспособность на рынке труда.

После всего сказанного можно утверждать, что дополнительная образовательная программа «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» позволяет готовить специалистов, обладающих, кроме профессионального образования, еще и рядом компетенций, являющихся основополагающими - коммуникативной и переводческой, что говорит о появлении новой формации профессионалов, о новом типе профессионально ориентированной «языковой личности». Эта программа призвана обеспечить адекватную современным требованиям языковую подготовку выпускника

неязыкового вуза, предоставляя ему условия для овладения максимально широкими квалификационными возможностями, столь необходимыми для осуществления профессиональной деятельности.

Следует также отметить, что в современной естественнонаучной и технической деятельности инженеров компьютеру принадлежит значительная роль. Поэтому для студентов технических вузов компьютер является и объектом изучения, и предметом профессиональной деятельности, и инструментом профессиональной деятельности, и средством учебной деятельности, и средством опосредованного компьютером общения (электронная почта, чаты, форумы и т.д.), и источником учебно-профессиональной информации.

В связи с этим системное использование компьютера в процессе обучения иностранному языку, а также опора на компьютерную тематику текстов, вносят свой весомый вклад в становление профессионализма. В МГТУ МИРЭА студентов обучают компьютерной техники, программированию, микроэлектронике, радиотехнике, поэтому вопросы, связанные с компьютерной техникой, развитием и усовершенствованием аппаратного и технического обеспечения компьютера, социальными проблемами, порождаемыми в связи с внедрением компьютера в различные сферы жизни, хорошо им известны. А значит использование тематики текстов, относящихся к данным вопросам в процессе обучения различным видам иноязычной речевой деятельности, может служить повышению мотивации у студентов к изучению иностранного языка и развитию у них профессионально ориентированной иноязычной лексической базы. Применение компьютера в качестве средства обучения иностранным языкам можно рассматривать в качестве дополнительного источника учебно-профессиональной информации, как средство овладения умениями чтения и письма, как средство освоения видов профессионального общения, как среду моделирования профессионального общения, как источник профессионально ориентированных аутентичных учебных материалов разного уровня сложности.

На основании изложенного можно сделать вывод о том, что стратегическая цель по формированию профессионально ориентированной вторичной языковой личности может быть достигнута при соответствующем содержании и организации процесса обучения иностранному языку в неязыковом вузе, а также с учетом особенностей студентов, их потребностей и условий обучения.

Библиографический список

1. Халеева И.И. Основы теории обучения пониманию иноязычной речи (подготовка переводчиков). – М.: Высшая школа, 1989г.- 238 с.
2. Евдокимова М.Г. Проблемы теории и практики информационно-коммуникационных технологий обучения иностранным языкам. - М.: МИЭТ, 2004.- 312 с.

3. Евдокимова М.Г. Уточнение целей и содержания обучения иностранному языку в техническом вузе (базовый курс). Вестник МГЛУ. Выпуск 509.- М.:, 2006г. 36-48 с.

УДК: 16

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗНАНИЯ И НАВЫКИ В КОНТЕКСТЕ ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ

*Никитина Е.А., доктор философских наук, профессор,
кафедра философии, социологии и политологии МГТУ МИРЭА, Россия*

Совершенствование качества подготовки профессиональных кадров для наукоемких отраслей рассматривается в докладе в аспекте формирования междисциплинарных знаний и навыков будущих выпускников.

По данным опроса о сотрудничестве университетов и бизнеса, который проводила Европейская ассоциация университетов (так называемый DOC-CAREERS Project), касавшегося также вопросов трудоустройства обладателей степени PhD, в числе навыков, которые делают, в частности, обладателя степени PhD более привлекательным кандидатом для работодателей вне образовательных и научных учреждений являются, помимо аналитических навыков, знания методологии, навыков управления и т.п., междисциплинарные знания и навыки, на основе которых формируется более широкая картина мира, способность работать «на стыке» различных дисциплин и функциональных областей, навыки общения с неспециалистами в данной сфере, способность объединять идеи из широкого круга источников и др. Так, рабочая группа по социальным наукам и экономике, в которую входили, главным образом, представители университетов, представила следующий список навыков, обеспечивающих преимущества обладателям степени PhD [1]:

- аналитические навыки,
- знание методологии и умение применять различные методы ,
- навыки коммуникации и презентации,
- навыки управления (менеджмента),
- опыт общения в рамках международной и межкультурной среды и способность работать в подобной среде,
- знание иностранных языков,
- навыки общения и управления коллективом,
- компьютерные навыки,

- определенные познания в точных науках (например, знание статистики),
- междисциплинарные знания и навыки, чтобы видеть более широкую картину мира,
- предпринимательские навыки,
- социальные навыки, которые могут быть применены в разных социально-экономических контекстах,
- креативное мышление, способность к инновациям для создания новых идей за рамками отдельных дисциплин,
- представление об этике,
- умение решать проблемы,
- умение находить финансирование.

Междисциплинарность рассматривается в докладе, прежде всего, как форма организации научных исследований. Рост междисциплинарных исследований, т.е. такой формы организации исследовательской и проектной деятельности, в которой представители различных дисциплин взаимодействуют в процессе совместного изучения различных аспектов одного и того же объекта, является особенностью современного этапа развития науки и технологий, особенностью современного системотехнического и социотехнического проектирования. Междисциплинарные исследования сталкиваются с рядом общих проблем: методологические проблемы, обусловленные формированием предмета исследования, общего для представителей всех дисциплин; проблемы организации коммуникации между исследователями (различные научные языки и т.п.); проблема передачи информации в практику, так как чаще всего междисциплинарные коллективы собираются именно для решения практических проблем. Происхождение данных проблем во многом объяснимо: в условиях растущей дифференциации знания формируются различающиеся стили профессионального мышления ученых, специализирующихся в различных научных областях – естествознании, социально-гуманитарном знании, техническом знании, логикоматематических науках и т.д., основанные на соответствующих типах рациональности.

В этой связи необходимы, как представляется, систематические мероприятия со стороны научного и педагогического сообщества по подготовке будущих профессионалов к участию в междисциплинарных исследованиях и специальные усилия по формированию навыков взаимодействия и коммуникации в мультидисциплинарных сообществах. В частности, необходимо обучать навыкам исследования в качественном отношении сообщества, участвующего в постановке, обсуждении и решении тех или иных междисциплинарных проблем, умению выявлять сложившиеся междисциплинарные практики обсуждения различных проблем, а также артикулируемые и неартикулируемые позиции в дискурсе, зависящие от самых различных факторов (например, образование, принадлежность к той или иной

научной школе, особенности стиля профессионального мышления), влияние которых не всегда осознается исследователем.

Междисциплинарность должна также стать основой, методологическим принципом проектирования модульных программ в образовании. Реализация данного принципа будет способствовать решению проблемы разрозненного усвоения знаний и формированию более широкой, целостной картины мира у будущих профессионалов.

Библиографический список

1. Lidia Borell-Damian. Collaborative Doctoral Education: University-Industry Partnerships for Enhancing Knowledge Exchange / DOC-CAREERS Project, European University Association, 2009.

УДК: 378.1

ФОРМИРОВАНИЕ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ У СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ

Панкова М.В., аспирантка, МГТУ МИРЭА, Россия.

Современную эпоху отличает невиданный рост ценности знания, который оказывается качественно отличным от аналогичных процессов в прошлом. Его особенностью в эпоху потребления становится инновационный, прикладной характер. Инновации становятся одной из главных ценностей высокотехнологичного общества, позволяя стремительно внедрять в производство научные теории и изобретения. Это меняет и этику науки. Традиционно, фундаментальные исследования представляли большую значимость и ценность в науке по сравнению с инженерными науками. В современном обществе положение коренным образом изменилось: прикладные науки, инженерная мысль играют главную, доминирующую роль, как в самой науке, так и в обществе в целом. Внедрение новых технологий в экономику вызывает в ней качественные изменения, так согласно диаграмме Пората, если в обществе более 50% населения занято в сфере услуг, общество можно считать постиндустриальным; если в обществе более 50% населения занято в сфере информационных услуг, общество можно считать информационным [1, с. 17]. Современное российское общество находится в постиндустриальной стадии, стремясь к дальнейшей трансформации, взяв курс на экономику информационного типа.

Учитывая область и задачи профессиональной деятельности специалистов с высшим техническим образованием, а также требования к резуль-

татам освоения основных образовательных программ подготовки, регламентированных ФГОС ВПО, сложились существенные предпосылки для построения логики формирования коммуникативной компетентности как интегральной составляющей профессиональной компетентности современного инженера, разработки научно-методического обеспечения, моделей, механизмов, алгоритмов, технологий и условий ее формирования и развития.

Профессиональная компетентность специалиста – это сложная, многогранная, уникальная интегративная система внутренних психических состояний и свойств его личности: его готовности к осуществлению профессиональной деятельности и способности производить необходимые для этого действия. В данном контексте процесс формирования коммуникативной компетентности будущих инженеров рассматривается в качестве подсистемы профессиональной подготовки, что позволяет осуществлять его с учетом общедидактических принципов; носит открытый, вероятностный характер; обладает гибкостью, динамичностью, управляемостью и нацелено на раскрытие потенциала студентов и преподавателей. Традиционно структура компетенций специалиста в области межкультурной коммуникации рассматривается в свете концепции трехуровневой организации языковой личности, предложенной Ю.Н. Карауловым [2]. Раскрывая нашу позицию в отношении структуры коммуникативной компетентности, мы тоже будем использовать этот прием.

Согласно данной концепции каждый вид психоглосс, комплекс которых составляет содержание национального языкового типа, соответствует уровню языковой личности: грамматические психоглоссы – вербально-семантическому уровню; когнитивные – тезаурусному; мотивационные – прагматическому. Уровни языковой личности соотносятся с определенными компетенциями: вербально-семантический уровень образует владение лингвистическими компетенциями; прагматический – гуманитарно-коммуникативными компетенциями; тезаурусный – социокультурными компетенциями. Поэтому в структуре коммуникативной компетентности мы выделяем следующие компетенции: лингвистические, гуманитарно-коммуникативные и социокультурные.

Под лингвистическими компетенциями понимается способность конструировать грамматически правильные формы и синтаксические построения, а также понимать смысловые отрезки в речи, организованные в соответствии с существующими нормами иностранного языка, и использовать их в том значении, в котором они употребляются носителями языка. Содержание лингвистических компетенций составляют теоретические знания в области фонетики, грамматики, лексики родного и иностранного языков, а также речевые умения и навыки.

Гуманитарно-коммуникативные компетенции трактуются как способность специалиста на основании гуманитарных и профессиональных знаний устанавливать и поддерживать контакты с другими людьми. Ее основу составляют гуманитарные знания по теории и психологии коммуникации:

знание средств и способов общения, норм и правил поведения, особенностей этикета, законов установления межличностных контактов, приемов саморегуляции и контроля своего поведения, а также система коммуникативных умений.

Социокультурные компетенции подразумевают знание национально-культурной специфики иноязычного речевого поведения, тех элементов социокультурного контекста, которые релевантны для порождения и восприятия речи с точки зрения носителей языка: обычаи, правила, нормы, социальные условности, ритуалы и т.д., а также способность воспринимать действительность страны изучаемого языка, умение применять социокультурную информацию в конкретной ситуации для решения профессиональных проблем межкультурной коммуникации.

Для измерения коммуникативной компетентности специалистов в системе высшего технического образования был разработан комплекс диагностических методов и методик, включающий анкету для преподавателей-экспертов, по которой проводилась оценка уровня развития у студентов умений-показателей, раскрывающих мотивационно-когнитивный, аналитико-технологический, социокультурный и интегративно-личностный критерии сформированности коммуникативной компетентности будущих специалистов; анкету для самооценки уровня сформированности и уровня значимости компонентов коммуникативной компетентности будущими специалистами; комплекс тестов, обеспечивающий оценку уровня сформированности ключевых лингвистических компетенций будущих инженеров.

С помощью разработанных диагностических методов и методик было проведено эмпирическое исследование, результаты которого подверглись статистической обработке, в результате чего (при измерении уровня сформированности умений-показателей, характеризующих мотивационно-когнитивный, аналитико-технологический, социокультурный и интегративно-личностный критерии коммуникативной компетентности), выделены три уровня их развития у будущих специалистов.

Уровни коммуникативной компетентности были дифференцированы по результатам экспертных оценок по шестибалльной шкале. Высокий – имеет интервал 65 баллов и выше, средний – от 41 до 64 баллов, низкий – от 40 баллов и ниже. В соответствии с этими показателями в выборке будущих специалистов ($N = 229$) были выделены три группы: с высокими, средними и низкими значениями интегральной оценки коммуникативной компетентности.

Уровни коммуникативной компетентности (низкий, средний, высокий) выступают как различная степень реализации ее структурно-функциональных компонентов и эффективности использования лингвистических, гуманитарно-коммуникативных и социокультурных компетенций в различных ситуациях учебного и профессионального взаимодействия.

Низкому уровню коммуникативной компетентности будущих специалистов с высшим техническим образованием характерны такие качественные показатели, как непонимание роли языковой коммуникации в выборе

оптимальных стратегий межличностного и межкультурного взаимодействия, лингвистические знания носят ситуативно-бытовой характер, не системны; собственная языковая культура не развита; низкая сформированность лингвистических, гуманитарно-коммуникативных и социокультурных компетенций; способность действовать лишь в сугубо стандартных коммуникативных ситуациях; неэффективность в решении коммуникативных задач или проблем; стремление избежать языкового взаимодействия; высокий уровень тревожности и фрустрации в процессе общения.

Для среднего уровня коммуникативной компетентности будущих инженерных кадров свойственны такие качества, как понимание роли лингвистических (в том числе и иноязычных), гуманитарно-коммуникативных и социокультурных компетенций для эффективного языкового общения и саморазвития; достаточный уровень теоретических знаний в области межкультурной коммуникации; динамика сформированности компетенций и умение их использовать; способность выходить за рамки стандартных языковых (в том числе и иноязычных) коммуникативных ситуаций, достаточно эффективно решать коммуникативные задачи; умение диагностировать и оценивать уровень сформированности своей коммуникативной компетентности.

Высокий уровень коммуникативной компетентности аккумулирует следующие качественные параметры-характеристики: обладание знанием о языке (в том числе иностранном) как о феномене межкультурной коммуникации; позиционирование себя в качестве носителя языковой культуры, владеющего знаниями о языковой картине мира и внутреннее осознанное ее расширение; способность к самодиагностике личного опыта языкового (в том числе и иноязычного общения); сформированная система коммуникативных знаний и стремление к самостоятельной и ответственной позиции в коммуникативной деятельности; рефлексивность процесса общения (в том числе иноязычного); свободное пользование лингвистическими, гуманитарно-коммуникативными и социокультурными компетенциями как средством межкультурной коммуникации и саморазвития; высокая эффективность в решении коммуникативных задач, активность и инициативность в языковом (в том числе иноязычном) взаимодействии.

Такое системное представление о коммуникативной компетентности инженерных кадров, обоснование критериев, показателей и уровней ее сформированности стало необходимой теоретической предпосылкой реализации интерактивных образовательных технологий ее формирования в системе высшего технического образования.

Библиографический список

1. Грум-Гржимайло Ю.В. Экономика информационного общества: иллюзии и реальность // Информационное общество. № 2. 2010. С. 12–20.
2. Караулов Ю.Н. Русский язык и языковая личность. – М.: Наука, 1987. – 261 с.

3. Чернов А.В., Чернова Н.И. Компетентностный подход в логике профессиональной подготовки специалистов для наукоемких отраслей. // Материалы Международной научно-практической конференции «Профессионализм педагога: компетентностный подход в образовании», Москва, 2010.- С.86-93.

УДК: 42.07

О СТАТУСЕ СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНОГО ЗНАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ В ЛОГИКЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

Ручкина Г.Ф., к.ф.н., доцент., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Современный этап развития общества – информационный (называют обществом знаний), в котором наука не только производит научные знания, но и предполагает их интеграцию непосредственно в процессы принятия экономических и политических решений. [1] Уровень качества знаний становится релевантной характеристикой общества, обеспечивающего, в конечном счете, научно-технический прогресс. Эту идею воплощает в жизнь вся система образования, как важнейшего в наше время социального института. Несмотря на весь свой консерватизм, образование меняется вместе с обществом. Но поскольку образование это фундамент, на котором выстраиваются экономические, социальные, политические, культурные стратегии общества, то задачей образования является укрепление этого фундамента, сохранение лучших образовательных традиций, ценного педагогического опыта с учетом инновационной составляющей, продиктованной временем.

Но производство научных знаний становится все более неотделимым от его применения, а значит, от нравственной позиции ученого и инженера. Смысл этической рефлексии состоит в поиске гуманных форм взаимоотношения науки, техники, человека, общества. А это возможно осуществить через инженерное образование. Однако усвоение технических знаний, овладение новейшими технологиями для современного образования недостаточны. Важнейшее значение приобретают нравственный облик обучающегося, его духовная жизнь, экзистенциальные ценности. Девальвация моральных ценностей, проявляющаяся в распространении цинизма, агрессии, утрате семейных ценностей, национализме, бескомпромиссности и утвердившаяся в мыслях и повседневной практике значительной части молодежи препятствует успешному развитию общества, создает реальную угрозу национальной безопасности России. Это вынуждает вносить существенную коррекцию в процесс реформирования образования в направлении по-

вышения удельного веса гуманитарной подготовки студентов, усиления качества этой подготовки. Трудно не согласиться с авторами, считающими, что недооценка гуманитарных дисциплин, формирующих человека как творческую и морально ответственную личность, рассматривающих специалиста лишь в качестве конкурентно способного субъекта, может оказаться губительным для общества.[3]

Гуманитарный блок дисциплин для студентов технического вуза включает в себя философию, политологию, социологию и культурологию. Центральное место в этом перечне принадлежит философии, изучение которой способствует осознанию своей принадлежности к той или иной культурной традиции, приверженности какой-либо системе ценностей. Изучение философии – надежный путь к формированию доказательного мышления, целостного научного мировоззрения. Представления о ценностях – аксиология, о морали – этика – философские дисциплины. Современное научное мировоззрение, тесно связанное с философским, ориентирует на критическое восприятие студентом технических инноваций, нацеливает на ответственное отношение к результатам своих исследований. Философия – мощный стимул научного творчества, и это недооценивается скрытыми и явными ее критиками, считающими, что в наш информационный век на рынке труда могут быть востребованы лишь те, кто знаком с математикой, экономикой и юриспруденцией. Но интерес к философии растет, и это объясняется переменами, происходящими вокруг, стремлением молодых осознать свое место в жизни, овладеть навыками критического отношения к привычному, устоявшемуся суждению, приобщиться к культуре, без чего невозможно стать человеком мыслящим, принимающим ответственные решения, обладающим сознанием, которым невозможно манипулировать.

Современный мир – это несовершенный мир. Одно из звеньев этого несовершенства – образование. В последнее десятилетие мировая общественность предприняла попытки изменить ситуацию. Россия, подписав Болонскую декларацию (19 сентября 2003г.), вступила в Болонский процесс. Основная цель этого шага – разработка и реализация вузовских программ профессионального образования, совместимых с европейскими, т.е. необходимость создания единого европейского образовательного пространства, продиктованная объективными закономерностями развития глобальной мировой экономики. Требования, предусмотренные Болонскими соглашениями, уже реализуются в учебном процессе. При всем критическом отношении к этому документу, вызванному отступлениями от накопленного педагогического опыта и традиций национальной системы образования, необходимо выделить нечто ценное: в процессе подготовки специалиста важным становится не только процесс обучения, но и его результат, показывающий, чему именно и в какой степени обучен выпускник, каков уровень его профессиональной зрелости. Результаты обучения выражены в компетентностном подходе, суть которого представляет собой единство знаний, умений, навыков, способностей личностных качеств, а также теоретических и пове-

денческих аспектов. Большой смысл приобретают социальные, нравственные и профессиональные ориентиры выпускника.[4]

Компетентностный подход в образовательном процессе, ставит задачу подготовки профессионала, но такую подготовку может обеспечить только педагог- профессионал, личность творческая, ответственная. Поэтому педагогический корпус, желающий идти в ногу со временем, вынужден перестраиваться. Трансляция готовых знаний убивает креативность, рождая равнодушие, цинизм и иные формы отчуждения личности. Одной из серьезнейших задач для преподавателей- гуманитариев является реальная возможность и насущная необходимость влиять на систему ценностей наших студентов. Поэтому мастерство педагога, знание предмета, эрудиция, духовный потенциал, ясная жизненная позиция – чрезвычайно важны для успешного образовательного процесса. Разнообразные формы учебно-воспитательной работы, в которых студенты охотно участвуют, говорят сами за себя: знакомства с творчеством выдающихся философов, писателей в Домах-музеях и подготовка кинофильмов на эту тему, участие в конференциях по проблемам брака и семьи, подготовка дискуссий по нравственно-этической проблематике в студенческих группах – вот далеко не полный перечень совместной деятельности педагога и студентов, в процессе которой приходилось преодолевать трудности соотнесения общечеловеческой системы нравственных ценностей и современных жизненных реалий. Немаловажную роль в педагогической практике играет широкое использование информационных технологий, проведение социологических опросов с последующим контент-анализом.

Преподаватели кафедры используют информационный ресурс в своей практике: и в чтении лекций, и семинарских занятиях, зачетах, конференциях, несмотря на то, что философия как дисциплина трудно поддается формализации. Вместе с тем, этот источник информации для студентов должен оставаться под контролем преподавателя. Цель – воспитание критического восприятия используемой литературы, обучение студентов умению отбирать качественные источники, критически воспринимая негативные явления, связанные с пребыванием в неограниченном глобальном пространстве Интернета. Ориентация на усиление творческих моментов образовательного процесса делают бесперспективным метод тестирования, широко распространенного в современной высшей технической школе, который убивает творчество, не способствует развитию познавательных возможностей человека.

Библиографический список

1. Бехманн Г. Современное общество. Общество риска. Информационное общество. Общество знаний. – М.: Логос 2011, – с. 248
2. Горохов В.Г., Дубровский Д.И. Конвергенция биологических информационных, нано- и когнитивных технологий: вызов философии (материалы «круглого стола»). В.Ф. 2012 №12, – с. 10-12.

3. Запесоцкий А.С. Образование: философия, культурология, политика. – М.: Наука. 2002, – с.456.

УДК: 378.046.4

КОММУНИКАТИВНЫЙ СТЕРЕОТИП КАК СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ КОМПОНЕНТ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ

***Рыбакова Е. Е., ассистент каф. иностранных языков факультета РТС,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия***

Приоритетными целями при подготовке кадров, в том числе для наукоемких отраслей, (в качестве результата обучения) являются компетенции — общекультурная, учебно-познавательная, информационная, социально-трудовая, а также коммуникативная. Последняя компетенция приобретает все большую значимость в контексте программ обмена студентами или же работников предприятий, так как конструктивный диалог необходим для достижения оптимального результата работы.

Как известно, компетентностный подход характеризует направленность на личность обучающегося, развитие его способностей к саморазвитию средствами изучаемой дисциплины. Следовательно, ожидаемым результатом данной деятельности, помимо знаний и умений, должны стать сформированные компетенции, являющиеся индикатором способности учащегося самостоятельно выполнять данные ему задания. Поэтому данный подход для автора работы представляется наиболее приемлемым при подготовке высококвалифицированных специалистов. Стоит учитывать, что на этапе постановки задачи и ее формализации также требуются коммуникативные навыки обучаемого: для постановки правильных вопросов, общения при групповом задании и т.п. При этом сферы деятельности учащихся не ограничиваются.

Также при подготовке высококвалифицированных инженерных кадров представляется возможным задействовать такой социокультурный компонент коммуникативной компетенции как коммуникативный стереотип, который, по большому счету, являет собой стандартизированное представление о процессе коммуникации и его участниках. Его использование предполагает наличие довольно глубоких социокультурных знаний обучающихся. Как форма национального менталитета, стереотип может трактоваться как стандартное мнение носителей этого менталитета о социальных группах или об отдельных лицах как представителях этих групп. Что касается коммуникативного

стереотипа, его можно представить как «образ Другого», тиражирующий ожидание определенных черт поведения, характера; стратегии и тактики коммуникативного поведения, в том числе, и в различных по направленности ситуациях межкультурного диалога. Неосведомленность об основных правилах коммуникации является причиной неэффективного взаимодействия представителей разных социокультурных пространств, что, в свою очередь, недопустимо в развивающемся международном научно-техническом сообществе.

В качестве примера можно рассмотреть эпизод из романа «Трое на четырех колесах» Джерома К. Джерома, когда один из персонажей романа передвигается по Дрездену:

«There were about half a dozen of us standing there," he continued, "and, of course, I am not experienced. The thing started suddenly, and that jerked me backwards. I fell against a stout gentleman, just behind me. He could not have been standing very firmly himself, and he, in his turn, fell back against a boy who was carrying a trumpet in a green baize case. They never smiled, neither the man nor the boy with the trumpet; they just stood there and looked sulky. I was going to say I was sorry, but before I could get the words out the tram eased up, for some reason or other, and that, of course, shot me forward again, and I butted into a white-haired old chap, who looked to me like a professor. Well, HE never smiled, never moved a muscle». {«Нас было на площадке человек шесть, - продолжал Харрис. - Я ведь еще не привык, и когда вагон неожиданно двинулся - меня дернуло назад, и я повалился прямо на толстого господина, стоявшего за мной; тот, вероятно, тоже был не особенно тверд на ногах и, в свою очередь, чуть не раздавил мальчика, державшего трубу в зеленом чехле. Ни один из них не улыбнулся, оба только надулись. Я собрался было извиниться, когда вагон вдруг замедлил ход - и я очутился в объятиях седого господина, похожего на профессора, который стоял против меня. Представь себе, что и он не улыбнулся! Ни один мускул не дрогнул на его лице!».} - Здесь прослеживается разное восприятие нестандартной коммуникативной ситуации (у каждого свое представление о вежливости) немцами и англичанами, что обуславливает и различие их реакций и затрудняет процесс коммуникации.

Таким образом, в рамках компетентностного подхода методический курс, основанный на природе и механизме функционирования коммуникативного стереотипа, представляется именно тем средством, способствующим развитию профессиональных и не только качеств. Подразумевается, что данное введение улучшит качество работы, будучи направленным на разрешение сложных коммуникативных ситуаций. Содержание определяется компетентностным подходом, направленным на процесс формирования компетенций, которые в конечном результате должны вылиться в профессиональную компетентность.

Библиографический список

1. Асмолов А. Г. Психология личности. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. -с. 258-272.
2. Жаринцова М. Джером К. Джером. Трое на четырех колесах. Главы VII, XIV. [Электронный ресурс] URL: <http://lib.ru/JEROM/chetwero.txt> (дата обращения 01.02.2012).
3. Хуторской А.В. Технология проектирования ключевых и предметных компетенций // Интернет-журнал «Эйдос». – 2005. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eidos.ru/journal/2005/1212.htm>. (дата обращения 02.02.2013).
4. Шестопал А.В., Силантьева М.В. Межкультурная коммуникация. «Мягкая сила культурных модуляторов» /Ресурсы модернизации: возможности и пределы международного контекста. Материалы VII Конвента РАМИ. М., 2012. С.204-211.
5. Щукин А.Н. Компетенция, компетентность и компетентностный подход к обучению языкам. //НИР. Современная коммуникативистика. – 2012. - №1. – С. 36.
6. Jerome K. Jerome. Three Men in a boat & Three Men on a Bummel. Wordsworth Editions. London, 2008. ISBN 9781853260513. - p. 253.

УДК: 378.1

ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК КАК ПРОДУКТИВНОЕ СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ НАУЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ

*Рыбакова М.В., канд. филол. наук, профессор
кафедра иностранных языков, МГТУ МИРЭА*

В современных условиях устойчивого развития общества преодоление проблем, с которыми оно сталкивается, и возможность дать ответы на вызовы нового тысячелетия зависят от состояния образования и образованности жителей планеты Земля. Главная задача современного образования – раскрытие способностей каждого учащегося, воспитание личности, готовой к жизни в высокотехнологичном, конкурентном мире. Причем ключевой характеристикой образования становится не только передача знаний и технологий, но и формирование творческих компетентностей, готовности к переобучению.

Подготовка профессиональных кадров в рамках современного высшего образования немыслима без развития у студентов и аспирантов навыков ведения научно-исследовательской работы. Среди прочего эта работа предусматривает расширение научных и профессиональных контактов с ведущими учеными зарубежных университетов, в том числе участие в международных исследовательских программах, проектах, конференциях и международных периодических изданиях.

В системе высшего образования иностранный язык занимает особое место, поскольку является продуктивным средством формирования межкультурной языковой личности, что, в свою очередь, выступает неотъемлемой частью подготовки профессиональных кадров для наукоемких отраслей современности. В данных сферах народного хозяйства страны от специалистов требуется умение вести профессиональную и научную деятельность в иноязычной среде. С учетом требований ФГОС ВПО третьего поколения владение иностранным языком рассматривается как одна из общекультурных компетенций. Реализация этой цели обеспечивается в процессе формирования и совершенствования коммуникативной компетенции в различных видах профессионально ориентированной речевой деятельности.

Знакомство с мировыми достижениями научно-технического прогресса в той или иной области профессиональной деятельности, поиск оптимальных путей работы с научной литературой по специальности дают студентам и аспирантам возможность изучать полученную информацию с помощью практического владения иностранным языком. Эти навыки позволяют знакомиться с инновациями в данной области на языке носителя, т.е. в оригинале.

Выпускники вуза должны владеть орфографией, орфоэпией, лексикой, грамматикой и стилистическими особенностями иностранного языка в пределах программных требований и правильно использовать их во всех видах речевой коммуникации, в том числе в форме устного и письменного общения в рамках своей специальности.

При развитии навыков устной речи основное внимание уделяется коммуникативной адекватности высказываний в рамках монологической и диалогической речи. Молодой специалист должен уметь строить монологическое высказывание по тематике своей специальности и вести беседу по вопросам, связанным с его сферой деятельности.

В области аудирования необходимо понимать на слух оригинальную монологическую и диалогическую речь по специальности, опираясь на изученный языковой материал, фоновые страноведческие и профессиональные навыки языковой и контекстуальной догадки.

Поскольку львиная доля иноязычной информации, необходимой специалисту, находится в письменной форме, особый акцент должен быть сделан на овладение навыками чтения на иностранном языке. Студентов и аспирантов следует обучать различным видам чтения: ознакомительному, изучающему, поисковому, просмотровому. Это означает владение такими

умениями как вычленение опорно-смысловых блоков, мыслей и фактов, нахождение логических связей, исключение избыточной информации, объединение положений по принципу общности, прогнозирование характера последующей информации и др.

В качестве форм контроля понимания прочитанного используются ответы на вопросы, полный или обобщенный пересказ текста, письменный или устный перевод, реферативное изложение, аннотация.

В рамках коммуникативных умений письменной формы общения формируются умения составить план прочитанного, изложить содержание в форме резюме, реферата или аннотации, написать доклад (сообщение) по специальности, написать официальное (неофициальное) письмо зарубежному коллеге.

Современный профессионал должен владеть иноязычной терминологией по специальности, общепринятыми сокращениями и условными обозначениями в научной литературе, понятиями словарного и контекстного значения слова, совпадениями и расхождениями значений интернациональных слов и т.д.

В развитии научного потенциала инновационных кадров для наукоемких отраслей не последнюю роль играют мультимедийные средства, которые облегчают доступ к текстовой и аудио-видео информации (в том числе иноязычной). Компьютер позволяет оптимизировать учебный процесс обучения иностранному языку, моделируя условия коммуникативной деятельности студентов и аспирантов. С помощью компьютерных технологий повышается эффективность учебного процесса при значительной экономии времени, например, при работе с учебными и научными материалами (поиск, анализ, отбор, оформление, создание). С помощью Интернет - технологий возможно получение информации о международных научных конференциях, конкурсах, грантах, отправка заявок и докладов на конференции, установление контактов и взаимодействие с зарубежными коллегами в рамках научной работы студента (аспиранта).

Реализация коммуникативной функции в процессе обучения иностранному языку – это специальная форма организации познавательной деятельности. Она имеет в виду вполне конкретные и прогнозируемые цели. Одна из таких целей заключается в создании комфортных условий обучения, таких, при которых студенты и аспиранты чувствуют свою успешность, свою интеллектуальную состоятельность, способность реализовать свой научный потенциал. Это делает продуктивным сам процесс обучения и дает возможность каждому индивиду полностью раскрыть себя, свои задатки, развивать творческие способности и самореализоваться как личность.

Библиографический список

1. Князева Г.Ю. Лингво-дидактические проблемы формирования межкультурной языковой личности / Полифония образования и англистика

в мультикультурном мире (Тезисы Первой международной конференции Ассоциации англоведов и преподавателей английского языка 25–26 ноября 2003). – М.: МГЛУ, 2003.

2. Развитие научного потенциала личности: теория, диагностика, технология: Коллективная монография / отв. Редакторы И.Ф. Исаев, Н.И. Исаева, Г.В. Макотрова – Белгород: Изд-во НИУ «БелГУ», 2011. - 361с.

3. Психологические практики в российском психологическом образовании: технологии развития личности: Материалы 2 Международной научно-практической конференции / Под ред. С.В. Недбаевой. - Армавир, 2010. - 494 с.

УДК: 378.146

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ВОСТРЕБОВАННОСТИ ВЫПУСКНИКОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Сидорин А.В., доцент, к.т.н., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Современное состояние с оценкой качества профессионального образования характеризуется отсутствием единой системы независимого объективного контроля и оценки профессиональных и общекультурных компетенций выпускников вуза как в процессе их формирования, так и в течение всей последующей профессиональной деятельности. Необходимость пересмотра традиционных подходов к системе контроля и оценки компетенций выпускников обусловлена требованиями Федеральных государственных стандартов (ФГОС), необходимостью учета требований работодателей, профессиональных сообществ и профессиональных стандартов, а также расширением сферы международного сотрудничества России и выходом в международное образовательное пространство на условиях Болонского процесса.

Работы по созданию и развитию внутривузовских систем менеджмента качества (СМК), развитию независимой общественно-профессиональной аккредитации образовательных программ к настоящему времени заложили основы системы независимой оценки качества образования и компетенций выпускников вузов на всех этапах их профессиональной деятельности.

Наиболее эффективным решением проблемы обеспечения и независимой оценки соответствия совокупности компетенций выпускников технического университета и специалистов предприятий требованиям работодателей является создание и организация деятельности системы независимой оценки и сертификации профессиональных инженерных квалифика-

ций. Не менее значимой в настоящее время является также задача оценки востребованности выпускников технических вузов рынком труда, конкурентоспособности и востребованности направления/специальности, профиля подготовки выпускников. Такая оценка позволит вузу своевременно сориентироваться в выборе стратегии развития, отдавая предпочтение реализации востребованных образовательных программ и подготовки выпускников по конкурентоспособным направлениям. Эта задача также успешно может быть решена системой независимой оценки и сертификации профессиональных инженерных квалификаций и входящей в ее состав сетью экспертно-методических центров, действующих на основе единой концепции, принципов, правил и процедур, регламентированных комплексом нормативно-методических документов.

Деятельность системы независимой объективной оценки компетенций специалистов требует решения комплекса задач, включая разработку концепции и принципов деятельности, организационной структуры системы, нормативно-методического обеспечения ее деятельности, формирования инфраструктуры и сети экспертно-методических центров, подготовку специалистов-экспертов и организацию деятельности системы с участием предприятий-работодателей и профессиональных сообществ [1,2]. Ключевое направление при этом – оценка эффективности всех видов деятельности системы, а в результате – оценка востребованности и конкурентоспособности выпускников и специалистов предприятий, а также профилей и специальностей подготовки, предоставляемой вузом, как важнейших показателей качества образовательной деятельности вуза, факультета, кафедры.

Предприятия-работодатели и рынок труда предъявляет требования по совокупности компетенций к выпускникам вуза и специалистам предприятий, включающие не только профессиональные и общекультурные компетенции, знания, умения, навыки, но и определенную совокупность личностных социальных компетенций (рис.1).

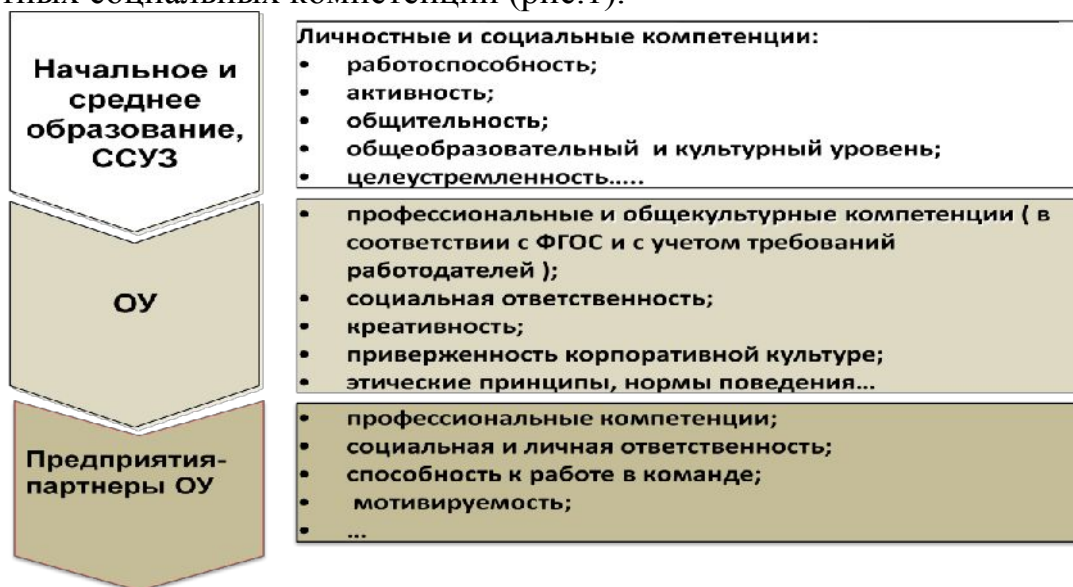


Рис. 1. Функции и роль участников процесса формирования компетенций выпускников вуза

Роль каждого из участников образовательного процесса и заинтересованных сторон в формировании компетенций выпускника различна. На этапе начального и среднего образования закладываются основы и формируются личностные и социальные качества, впоследствии развивающиеся в компетенции. Вуз формирует и развивает как общекультурные и профессиональные, так и социальные и личностные компетенции выпускников. В условиях производственной деятельности профессиональные компетенции укрепляются и вместе с этим - способность к работе в коллективе, следование корпоративной культуре, социальная и личная ответственность [3].

Исходя из предъявляемых требований, востребованность выпускников рынком труда и работодателями целесообразно оценивать по четырем группам показателей, включая:

- объективные показатели, определяемые требованиями к профессии, требованиями работодателей, рынка труда;
- личностные (субъективные) показатели, относящиеся к конкретному выпускнику;
- внешние и внутренние социально-экономические факторы;
- политические условия.

Основные компетенции, формируемые в учебно-воспитательном процессе с учетом потребностей предприятий-работодателей:

- владение современными технологиями, применяемыми в мировой практике;
- знание современного российского и иностранного оборудования – технологического, контрольно-измерительного, испытательного;
- знание российских и иностранных нормативно-технических документов (НТД), основ стандартизации и методов управления;
- владение современными методами менеджмента, включая менеджмент качества, менеджмент ресурсов, инновационный и операционный менеджмент, менеджмент персонала и др.;
- знание основ корпоративной культуры, ответственность и способность работать в команде;
- личная и социальная ответственность;
- высокие морально-нравственные качества;
- креативность, лидерство, обучаемость;
- знание иностранных языков;
- владение современными информационными технологиями;
- широта кругозора, высокий общий культурный уровень;
- адаптируемость, толерантность;
- заинтересованность, мотивируемость.

Совокупность показателей востребованности позволяет ее оценить по комплексному показателю востребованности [3].

Востребованность выпускника Кс как более высокое по сравнению со выпускником и специалистом той же профессии (специальности, профиля,

направления подготовки) – это соотношение степени соответствия компетенций специалиста требованиям рынка труда или работодателей (P_c), размера оплаты труда (Z_c) и затрат на получение образования (R_c):

$$K_c = \frac{P_c \times Z_c}{R_c} \quad (1)$$

Степень соответствия компетенций специалиста предъявляемым требованиям, оцениваемых при сертификации квалификаций, – отношение значений совокупности показателей востребованности выпускника или специалиста предприятия к соответствующим значениям показателей, требуемых работодателями:

$$P_c = \frac{\sum_{i=1}^n k_{ci}}{\sum_{m=1}^m k_{rm}} \quad , \quad (2)$$

где k_{ci} – значение одного из n показателей, характеризующих компетентность специалиста, подготовленного в вузе, или в вообще в образовательном учреждении любого уровня, нормированного к высшему возможному его значению, а k_{rm} – значение одного из m показателей компетентности специалиста в совокупности требуемых работодателями или рынком труда, нормированного к максимально возможному его значению.

Востребованность выпускника на рынке труда K_{pc} определяется объективными показателями - конкурентоспособностью профессии, специальности (направления, профиля подготовки), социально-экономическими факторами и политическими условиями, а в пределах профессии - совокупностью профессиональных компетенций, социальных и субъективных, личностных качеств специалиста:

$$K_{pc} = K_n \frac{P_n \times Z_n}{R_c} \quad (3)$$

Конкурентоспособность профессии - более высокое по сравнению с другими профессиями соотношение спроса на специалистов данной профессии на рынке труда или рейтинга профессии (P_n), усредненной оплаты труда в профессии (Z_n) и затратами на получение данной профессии (R_c):

$$K_n = \frac{P_n \times Z_n}{R_c} \quad (4)$$

Объективные показатели конкурентоспособности специалиста:

- востребованность и престиж профессии;
- качество подготовки (образования), профессионализм специалиста;
- конкурентоспособность (престиж) образовательного учреждения.
- Субъективные показатели конкурентоспособности специалиста:
- профессионализм (качество образования, подготовки);
- личные качества;
- социальные качества.

Аналитическая независимая оценка профессиональных компетенций с помощью соотношений (1)-(4) позволяет управлять результативностью

процесса формирования компетенций выпускников образовательного учреждения и специалистов предприятий на всех этапах их профессиональной деятельности.

Библиографический список

1. Сидорин А.В. Оценка конкурентоспособности специалиста по его квалификационной характеристике.// Стандарты и качество.- 2007, № 9, с. 92-94.
2. Сидорин А.В. Система формирования кадрового потенциала высокотехнологических отраслей промышленности на основе кластерного подхода // Интернет-журнал «Наукovedение». 2012 №4 (13) [Электронный ресурс]. - М. 2012- Ид. номер ФГУП НТЦ "Информрегистр" 0421100136008. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/sbornik6/4.pdf>, свободный – Загл. с экрана.
3. Сидорин А.В. Оценка востребованности выпускников технического университета // Инженерное образование, выпуск 9, 2012 г., с.47-54.

УДК: 65.012.123:65.012.122:65.012.26:376.146

ПРОБЛЕМНООРИЕНТИРОВАННАЯ ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ НОВОЙ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ

*Сидорин А.В., доцент, к.т.н., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
Сидорин В.В., проректор по качеству, д.т.н., профессор,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Система образования в России предполагает появление университетов нового типа – «проблемноориентированных» или «инновационных» университетов для подготовки людей и команд, способных проектировать новые виды деятельности и обеспечивать трансформацию уже существующих корпораций, отраслей и территорий в соответствии с вызовами времени» [1]. Такие университеты призваны решить с большей эффективностью подготовку профессиональных кадров нового типа для экономики страны для реализации концепции Новой Индустриализации и Программы экономического развития России до 2020 года. Проблемноориентированный подход отвечает современным тенденциям в развитии инженерного образования и заключается в следующем.

В отличие от существующего предметного проблемноориентированный подход нацелен на формирование в сотрудничестве с предприятиями, реализующими тот или иной проект, команды специалистов для комплексного его решения. Формирование такой команды специалистов различных профессий с первых лет обучения требует объединения вузов с различны-

ми направлениями подготовки выпускников, в холдинг, консорциум, учебно-научно-производственный кластер, что по своему содержанию представляет вместе с предприятиями-партнерами рассредоточенный, или распределенный, децентрализованный университет (рис.1).

Такой «рассредоточенный» или децентрализованный университет объединяет по предметно-целевому принципу входящие в его состав образовательные учреждения - университеты различных направлений подготовки с ориентированностью на проектный подход к решению актуальных проблем в выбранных учебно-научных и/или научно-технических направлениях. Входящие в состав «рассредоточенного» университета образовательные учреждения «рассредоточены» как по месту расположения, так и по направлениям и видам деятельности, кооперируясь и ориентируясь на предприятия-работодателей и исполнителей в реализации комплексно-целевых проектов.

В основе организации деятельности «рассредоточенного» университета - кластерный подход, объединяющий на решение актуальных проблем также и предприятия промышленности, и инвесторов, финансирующие организации, фонды поддержки, банки, заинтересованные в практической реализации результатов деятельности университета [2]. Не ограниченная ведомственной принадлежностью децентрализованная структура «рассредоточенного» университета открывает возможность поиска и решения проблем, обеспечивающих конкурентоспособность продукции, предприятий, отраслей, страны в целом.

Синергетический эффект от объединения в структуру «рассредоточенного» университета образовательных учреждений, - в новом его свойстве, его проблемной ориентированности и проектном подходе как к подготовке кадров нового типа на основе их «надпрофильной» подготовки, так в отношении создания научно-технической продукции.

В основе «надпрофильной» подготовки кадров - «междисциплинарный» подход, не ограниченной ФГОСами по направлениям подготовки, а дополняющий их необходимой совокупностью сформированных у выпускников «рассредоточенного» университета знаний, умений, навыков, компетенций, способностью к поиску и решению не только узкопрофессиональных задач, но и актуальных проблем, требующих знаний в смежных направлениях. Достигается такой результат «перекрестным» комплексным обучением в университетах, входящих в «рассредоточенный» университет, использованием современных методов обучения, в т.ч. на основе информационных компьютерных технологий. Проблемноориентированный подход в отношении научно-технической продукции заключается в объединении усилий всех входящих в «рассредоточенный» университет участников на поиск и решение востребованных и обусловленных внешними вызовами «надведомственных» научно-технических проблем, требующих привлечения и университетов и предприятий из различных областей деятельности.

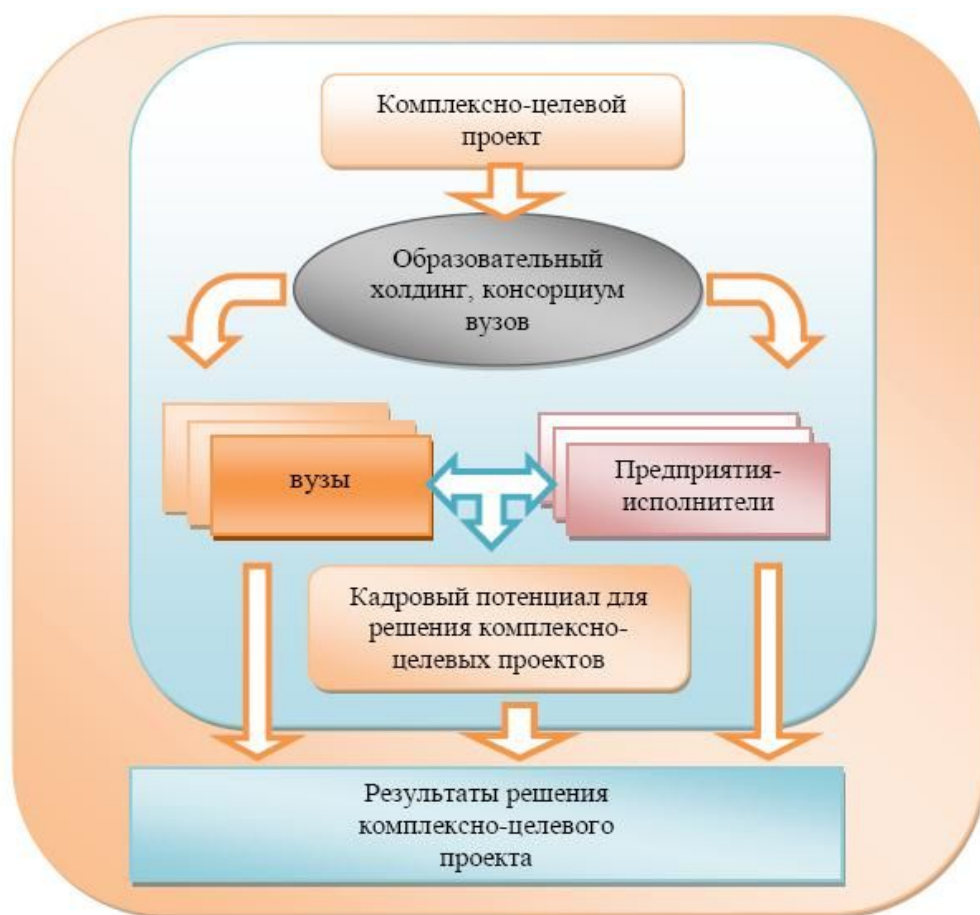


Рис. 1 Проблемноориентированный подход к формированию кадрового потенциала для решения сложных комплексно-целевых проектов на основе образовательного холдинга, консорциума вузов

Не менее значимым является и такое новое качество «рассредоточенного» университета, как его адаптивность, относящаяся как к образовательной, так и к научно-исследовательской и инновационной деятельности. Адаптивность в образовательной деятельности «рассредоточенного» университета заключается в возможности реагирования подготовкой кадров с определенной совокупностью профессиональных, социальных, личностных и общекультурных компетенций, обусловленной изменяющимися потребностями отраслей промышленности, предприятий-работодателей, рынка труда.

Адаптивность в научно-исследовательской и инновационной деятельности состоит в своевременном и пропорциональном отклике на вызовы и потребности внешней и внутренней среды «рассредоточенного» (децентрализованного) университета, в поиске, выборе и решении проблем, получении результатов, востребованных социумом.

В основе адаптивной стратегии «рассредоточенного» (децентрализованного) университета – совокупность индикаторов, своего рода «рецепторов», с высокой чувствительностью воспринимающих происходящие изменения, и механизм оценивания и преобразования их в политику, цели, задачи и управленческие решения, реализуемых системой регуляторов.

Объединяют интересы всех структур «рассредоточенного» университета основополагающие принципы их совместной деятельности [3,4]:

Добровольность участия – вхождение в состав «рассредоточенного» университета на основе «открытости» системы;

Проблемная ориентированность – объединение с целью решения актуальных проблем в образовательной, научно-исследовательской и инновационной деятельности;

Согласованность целей и интересов – взаимные обязательства участников - структурных подразделений «рассредоточенного» университета в деятельности по решению сформулированных проблем;

Коллегиальность – принятие обязательств и распределение функций на условиях консенсуса;

Сбалансированность в распределении ответственности, полномочий и ресурсов;

Ответственность - ответственность за результаты деятельности «рассредоточенного» университета перед государством и обществом;

Адаптивность – выбор и решение актуальных проблем, ориентация на достижение целей и получение результатов, востребованных государством и обществом;

Эффективность деятельности;

Взаимная заинтересованность всех элементов в структуре в деятельности «рассредоточенного» университета.

Стратегической целью «рассредоточенного» университета – осуществление и развитие проблемноориентированного образования, проведение научных исследований и разработок, инновационная деятельность. Условие успешности реализации такой стратегии: концентрация усилий образовательных учреждений различной направленности в режиме т.н. непрерывного образования и формирование кадрового потенциала востребованного государством и рынком труда.

Основные задачи решаемые «рассредоточенным» университетом группируются в соответствии с основными направлениями его деятельности: образовательная деятельность, воспитательная работа, научная деятельность, система управления университетом, материальная база и инфраструктура университета, международная деятельность, система менеджмента качества, система устойчивого развития и система обеспечения конкурентоспособности «рассредоточенного» университета в целом.

Библиографический список

1. Андрей Волков, Дмитрий Ливанов: Ставка на новое содержание. Vedomosti.ru. 03.09.2012.
2. Чучалин А.И. Основные принципы стратегического управления университетом инновационного типа. – Томск: ТПУ, 2004. – 49 с.
3. Сигов А.С., Сидорин А.В. Основные требования к качеству инженеров для обеспечения конкурентоспособности организации с инноваци-

онной стратегией развития // Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения». 23-27 октября 2007 г. Часть 4. Москва-2007, с. 38-45.

4. Сидорин А.В. Кадровый потенциал наукоемких отраслей промышленности. Система подготовки и формирования кадрового потенциала для наукоемких высокотехнологичных отраслей промышленности. // LAP Lambert Academic Publishing. 2012. 340 с.

УДК: 372.8

ВОПРОСЫ ГУМАНИТАРНОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Смирнов В.В., канд. филос. наук, доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Кадровое обеспечение наукоемких отраслей, играющих ведущую роль в модернизации нашей экономики, предполагает формирование конкурентоспособного и эффективно функционирующего сектора системы высшего профессионального образования. Важную роль в процессе подготовки специалистов высокой квалификации для российской экономики играют технические университеты, выполняющие заказ общества и государства по подготовке инженерных кадров для наукоемких отраслей.

Подготовка будущих бакалавров, магистров, специалистов, как подчеркивается в законе «Об образовании в Российской Федерации», осуществляется в неразрывном единстве двух его составляющих - воспитание и обучение. Требования к современным выпускникам технических университетов не сводятся лишь к формированию у них профессиональных качеств - знаний, умений, навыков и компетенций. Задача высшей школы — целенаправленная деятельность по развитию творческих способностей личности каждого студента, содействие самоопределению и социализации обучающегося на основе социокультурных и духовных ценностей и принятых в нашем обществе правил и норм поведения.[5]

Особую роль в процессе подготовки кадров высокой квалификации для наукоемких отраслей играют кафедры гуманитарных и общественных наук университета. Их основная задача состоит в удовлетворении образовательных потребностей студентов в изучении истории нашей страны, философии, социологии, культурологии и в других областях гуманитарного знания. Гуманитарная подготовка студента технического университета нацелена на формирование таких качеств будущих инженеров, как уважительное отношение к истории нашей страны, умение глубоко и творчески

исследовать и осмысливать социальные проблемы своей профессиональной деятельности. В процессе изучения гуманитарных и общественных дисциплин происходит уточнение мотивов своей будущей профессиональной деятельности, определение личных целей участия в культурной жизни общества. Достижение качественной гуманитарной подготовки студента требует, во-первых, связи и обеспечения преемственности со школьной программой по обществознанию, учета результатов обучения студента в школе, во-вторых, выяснение личных интересов и целей студента в обучении, в-третьих, концептуального единства всех программ и учебно-методических комплексов по гуманитарным дисциплинам в вузе.

Курсы преподаваемых учебных дисциплин необходимо расширить с учетом интересов и пожеланий самих обучаемых. В школах уже вводятся такие курсы, а именно: «Основы светской этики», «Основы религиозных культур». Сложившаяся же в последние годы в техническом вузе практика уменьшения количества часов аудиторных занятий и увеличение объема часов, выделяемых для самостоятельной работы студентов, совершенно не применима к гуманитариям, выполняющим воспитательную функцию. Воспитание осуществляется лишь в ходе непосредственного взаимодействия преподавателя и студента.

Повышение качества гуманитарной подготовки студентов тесно связано с использованием информационных технологий, под которыми понимается использование средств вычислительной техники в учебном процессе. Общение студента с преподавателем посредством Интернета, лекции-презентации, беседа по Skype, тестирование в сети интернет и тому подобные новые педагогические технологии, несмотря на свою учебно-познавательную полезность, никак не могут заменить преподавателя. Именно в ходе непосредственного общения студента с преподавателем, носящее подчас эмоциональный характер, происходит формирование мировоззренческих, ценностно-мотивационных установок личности студента.

Если в недавнем прошлом, преподавание общественных дисциплин носило заидеологизированный, догматический, а то и авторитарный характер, то, в настоящее время, в условиях выбора и преподавателем и студентом, идеологической, культурной, и даже, религиозной парадигмы, преподавание гуманитарных дисциплин должно носить исключительно характер сотрудничества, характер свободного общения творчески мыслящих личностей.

В гуманитарной подготовке студентов также важно обеспечить единство теоретического и практического знания. Так, осваивая курс «Социология» студенты МГТУ МИРЭА проводят социологические опросы по темам: «Здоровый образ жизни», «Девиантное поведение студенческой молодежи». Выявляя различные девиации среди молодых людей (пивной алкоголизм, табакокурение, «интернет зависимость» и др.), студенты проходят определенный этап социализации. Так, например, результаты неоднократно проведенных опросов показывают, что большинство студентов яв-

ляются сторонниками здорового образа жизни и поддерживают идею запрета табакокурения в стенах вуза.

Особую роль в обеспечении качества гуманитарной подготовки играют методы социологического исследования. Целесообразно регулярно, а не время от времени, проводить различного рода социологические обследования студенческой аудитории (горизонтальные, вертикальные, когортные, панельные). Анкетирование, опросы, проводимые студентами и преподавателями, позволяют выявить «слабое звено» в учебном и воспитательном процессах. Результат работы гуманитариев - не только знания и умения студента. Конкретные результаты гуманитарной подготовки проявляются в том, в какой мере гуманитарные и социальные науки расширяют кругозор студента, способствуют формированию научного мировоззрения, оказывают влияние на становление социально ответственной позиции по отношению к реальным проблемам жизни нашего общества.

К настоящему времени в общественных науках нет единой концепции гуманитарной подготовки студентов технического вуза. Существуют лишь различные подходы к исследованиям данной проблематики: аксиологический, психолого-педагогический, технологический, проблемно-развивающий, личностно-ориентированный и др. Каждый из них имеет свои достоинства и ограничения. Решение данной проблемы за комплексным подходом, который пока не получил должного развития в научной литературе.

Таким образом, качество гуманитарной подготовки студентов технического университета - сложно структурированное понятие, включающее в свое содержание в качестве базовых следующие составляющие: соблюдение принципа единства воспитания и обучения, соответствие подготовки требованиям государственного образовательного стандарта, непрерывность учебно-воспитательной работы со студентами в системе отношений «школа – вуз - базовое предприятие», соответствие уровня преподавания запросам и ожиданиям студентов, активное использование в учебном процессе информационных технологий.

Библиографический список

1. Ашкерев А. Экспертократия. Управление знаниями. Производство и обращение информации в эпоху ультракапитализма. Монография. Издательство: Европа. Москва. 2013.
2. Кочеткова Л. Проблемы и перспективы преподавания гуманитарных наук в техническом университете. (Итоги социологического исследования, проведенного в МГТУ МИРЭА) - Научный вестник МИРЭА. 2012. №1(12).
3. Левицкая И. «Оценка социокультурной компетенции студентов и особенности ее формирования в техническом вузе» - Высшее образование сегодня. 2011. №2.

4. Трайнев В., Мкртчян С., Савельев А. Повышение качества высшего образования и Болонский процесс. Обобщение отечественной и зарубежной практики. Издательство: Дашков и К. Москва. 2010.

5. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации». Принят Государственной Думой 21 декабря 2012г.

Одобен Советом Федерации 26 декабря 2012г.

Собрание законодательства Российской Федерации № 53. Ст.7598.

Официальное издание 31 декабря 2012г. (Часть 1) – Государственное учреждение–издательство «Юридическая литература» Администрации Президента Российской Федерации.

УДК: 378.1

ДИНАМИЧЕСКОЕ ОБНОВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КАК СРЕДСТВО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВО НЕПРЕРЫВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Стрелкова Т.А., к. т. н., доцент,

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

Изменения, произошедшие в социокультурной, экономической, технической и технологической областях общественной жизни, определили необходимость реформирования системы высшего технического образования, которое является важнейшим звеном развития общества, от деятельности которого зависит научно-технический потенциал, новейшие достижения в области создания технологий и конкурентоспособность молодых специалистов в области технических наук Украины.

Активное развитие инженерных технологий обуславливает необходимость подготовки профессиональных педагогических кадров, способных решать системные инновационные задачи науки и производства в условиях технологического прогресса общества.

На качество инженерного образования в настоящее время оказывают влияние нелинейные процессы взаимодействия профессионального обучения и наукоемкого производства. Современные производственные технологии постоянно совершенствуются, наращивают наукоёмкость и степень компьютеризации и требуют от современных инженеров не только качественных профессиональных знаний, но и развития системного, способного к прогнозированию и опережающего технологический прогресс интеллектуального мышления.

На современном этапе развития высшей школы ведется активная деятельность на всех уровнях управления по решению задач качества техни-

ческого образования. Однако вопросы разработки критериев и показателей качества, схемы управления качеством технического образования в условиях постоянного обновления, наращивания технических возможностей производства и расширения открытого информационного пространства остаются открытыми, не имеющими единого мнения.

Качество подготовки дипломированных специалистов технических специальностей зависит от организации управления качеством образования в соответствии с реальными потребностями общества, готовности педагогических кадров осуществлять динамические изменения содержания образования и методик преподавания, а также от установления обратной связи со студентами, как потребителями образовательных услуг.

В докладе анализируются возможности кредитно-модульной технологии обучения, как способа динамического обновления содержания и методик преподавания дисциплин при подготовке дипломированных специалистов технических специальностей.

Анализ теории и практики использования кредитно-модульной технологии обучения показал возможность управления качеством непрерывного технического образования путем:

- обновления отдельных компонентов или модулей без нарушения общей структуры дисциплины и логики преподавания с целью научного обогащения изучаемого курса и укрепления связей с современными технологиями;
- создания интегрированных модулей с целью усиления межпредметных связей, разработанных преподавателями различных дисциплин;
- создания гуманистической парадигмы личностно-ориентированного образования, способствующего саморазвитию и самореализации личности, формированию мотивации и приобретению профессиональных навыков, активации исследовательской работы;
- конструирования учебных программ, в которых связывается непрерывный процесс самостоятельного обучения с аудиторными занятиями, позволяющих целенаправленно формировать требуемый профессионализм у студентов, получающих техническое образование.

Библиографический список

1. Стрелкова Т.А., Ромоданова Э.А., Тиманюк В.А. Адаптация студентов младших курсов вузов к методам оценивания качества знаний в кредитно-модульной системе образования / Новый коллегіум. – 2010. - № 6 (61). – С. 10-17.
2. Стрелкова Т.А., Ромоданова Э.А., Сапрыкина М.А. Использование информационных технологий при организации самостоятельной работы студентов / 11-я Международная междисциплинарная научно-практическая школа-конференция „Современные проблемы науки и образования”, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина 2011, 1-10 мая, С. 210-220.

3. Григоренко М.И. Психолого-педагогические особенности кредитно-трансферной системы организации учебного процесса глазами студентов / 15-й Юбилейный Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». Международная конференция «Гуманитарные аспекты становления информационного общества». ХНУРЭ. – Харьков, 18-20 апреля 2011. – С. 200-201.

4. Стрелков А.И., Стрелкова Т.А., Лытюга А.П., Тиманюк В.А., Ромоданова Э.А. Методы управления качеством медико-биологического и медико-технического высшего образования / XXXVIII Международная научно-практическая конференция «Применение лазеров в медицине и биологии», 3-6 октября 2012, С. 171-173.

УДК: 378.1

ИННОВИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ КАК ПЕРВОЙ СТУПЕНИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ

*Филатов С.В., к.т.н., доцент, Цуникова Т.Г., к.п.н., доцент,
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Проблема качества подготовки специалистов является центральной в вопросе их востребованности национальной экономикой и международно-го признания российских степеней и квалификаций. Она напрямую связана с содержанием образования и технологией реализации образовательных программ.

Развитие инновационного подхода к получению знаний, направленного на формирование особых компетенций, обеспечивающих применение профессиональных компетенций на практике, при создании новой конкурентоспособной продукции. Высшие учебные заведения совершенствуют образовательные программы и учебные планы. Начиная с первого года обучения, студентам демонстрируют практическую значимость предлагаемого учебного материала для их будущей профессиональной деятельности, связь с перспективами технического, технологического, экономического и социального развития общества. Проблемно-ориентированные методы и проектные технологии обучения обеспечить его новое содержание, основанное на комплексе компетенций, включающих фундаментальные и технические знания, умения анализировать и решать проблемы с использованием междисциплинарного подхода, владение методами проектного ме-

менеджмента, готовность к коммуникациям, в том числе иноязычной, а также к командной работе с использованием средств телекоммуникаций.

Новые требования к качеству образования в ближайшие годы будут связаны также с задачами интеграции России в общеевропейское пространство высшего образования. В конечном счете, это предполагает сопоставимость российских и европейских дипломов и признание российских дипломов на европейском рынке образовательных услуг. Однако для достижения этой цели российские вузы должны быть готовы к реальному внешнему мониторингу своей деятельности.

Рост конкуренции на рынке образовательных услуг, изменения механизмов финансирования вузов и вхождение России в Болонский процесс, ключевым условием решения этой задачи является постоянное повышение качества образовательных услуг и уровня научных исследований и разработок.

Одним из направлений развития Болонского процесса в Европе является формирование общих подходов к обеспечению и оценке качества высшего образования. При этом предполагается, что качество подготовки специалистов в высших учебных заведениях обеспечивается двумя основными составляющими: качеством содержания образовательных программ; качеством менеджмента в вузе.

Сегодня большинство моделей управления качеством образования и научных исследований в российских вузах построены на основе оценочного метода, предполагающего статистическую обработку достигнутых результатов. Однако мировой тенденцией является переход на модели, соответствующие концепции всеобщего управления качеством (Total Quality Management, TQM) и требованиям международных стандартов качества ISO 9000:2000 (International Organization for Standardization, ISO). Требования этих стандартов в вузах применимы, в основном, к подготовке специалистов к профессиональной деятельности как более регламентированному процессу, но не как к процессу формирования личности. Требования стандарта не относятся к содержанию деятельности преподавателей высшего учебного заведения, они не действуют в аудитории, где преподаватель пользуется свободой реализовать свой научный и методический потенциал, педагогические способности учителя и воспитателя, они лишь упорядочивают процессы их деятельности.

Концепция ISO заключается в том, что требования стандарта к менеджменту организации дополняют требования к качеству самой продукции. Основной продукцией вуза являются знания, умения, методологическая культура и комплексная подготовка специалистов к самореализации в обществе. А так как данная продукция является следствием оказания образовательных услуг в процессе реализации образовательных программ, сле-

довательно, и они должны быть оценены и аккредитованы государством, обществом и авторитетными международными организациями.

Стандартные внешние механизмы контроля (лицензионные и аттестационные процедуры, диссертационные советы и экспертные советы ВАК, государственные образовательные стандарты) оказываются неэффективны из-за отсутствия регламентных качественных критериев оценки академической деятельности, а также механизмов, которые на уровне факультетов и кафедр обеспечивали бы эффективный контроль международного уровня качества учебных программ.

В процессе экспериментальной работы по инновированию профессиональной подготовки бакалавров, как первой ступени инженерной подготовки, проведенной в МГТУ МИРЭА выявлены необходимые условия управления качеством образовательных услуг: *системно-стратегические*: наличие стратегии управления качеством профессиональной подготовки бакалавров технического вуза и обеспеченность ее реализации; единая система повышения квалификации педагогических кадров как субъектов управления образовательной деятельностью студентов; системность в ориентации обучаемых как субъектов управления своим профессионально-личностным становлением; гуманизация в профессиональной подготовке инженеров; *организационно-педагогические*: развитость управления образовательным процессом; фундаментальность инженерной подготовки; качество реализации частных образовательных задач; органическая связь учебного процесса с производственным обучением; участие мастеров производственного обучения и академического персонала базовых предприятий в образовательном процессе и оценке его качества; развитость производственной базы, ее соответствие потребностям рынка; педагогическое наставничество; развитость межпредметных связей профессиональной подготовки инженеров; функционирование системы менеджмента качества вуза, ее соответствие потребностям рынка труда; *результативно-оценочные*, гарантирующие привлечение в исследование методов и качественных инструментов и обеспечивающие непротиворечивость оценок и методологически достаточных критериев оценки; *субъектно-личностные*: готовность субъектов образовательного процесса к реализации задач управления качеством профессиональной подготовки бакалавров; сформированность у субъектов управленческой деятельности потребности в самоменеджменте; рефлексия, личная ответственность за результат субъектов управленческой деятельности; мотивированность и активность субъектов управленческой деятельности на обеспечение качества профессиональной подготовки бакалавров.

В качестве способа управления в предлагаемой модели инновирования профессиональной подготовки выступает педагогическое моделирова-

ние, создание ситуации взаимодоверия, кооперации, содействия и сотрудничества всех субъектов управления (администрации, педагогов, студентов). Субъектами управления в процессе моделирования должны выполняться следующие условия: построение модели управления качеством подготовки бакалавра на основе целостного образа системы управления техническим университетом; обеспечение в процессе моделирования аксиологического единства членов вузовского сообщества; включение студентов, педагогов, административных работников в процесс моделирования, проявление субъектности и творчества в их совместной деятельности; достаточное кадровое, научно-методическое, нормативно-правовое и финансово-материальное ресурсное обеспечение формирования и реализации модельных представлений о системе управления качеством подготовки бакалавра; сопряженность процессов моделирования системы управления качеством подготовки бакалавров в вузе с общей системой управления технического вуза.

Систематизация различных подходов к исследованию позволила прийти к следующему пониманию *управления качеством подготовки бакалавра в техническом университете* как непрерывное поэтапное взаимодействие управляющей и управляемой подсистем (взаимодействие субъектов управления) на стратегической, корпоративной, обучающей основе, направленное на обеспечение качества подготовки бакалавра инженерного вуза. Оно опирается на гармонизацию существования в вузе образовательного процесса (методическое обеспечение); кадрового обеспечения (уровень заинтересованности студентов, преподавателей, руководства вуза); материального обеспечения учебного процесса во втузе; контроля (проверка успеваемости бакалавров, рейтинг преподавателей); дополнительного образования (повышение квалификации, дополнительные направления профессиональной подготовки и самосовершенствования студента) и обеспечивает устойчивое развитие вуза и образования. Основными качественными характеристиками такого управления являются: качество проекта образовательных услуг; качество кадрового обеспечения; качество ресурсного обеспечения; качество субъекта сопровождения образовательных услуг; качество взаимодействия вуза с Болонским процессом и ЕПВО (Европейским пространством высшего образования); удовлетворенность субъектов образовательного процесса качеством; аккумулирующее качество нормативного и методического обеспечения.

В исследовании определены параметры успешного управления качеством подготовки бакалавра в техническом университете:

- развитие образовательного процесса в университете с ориентацией на инновационную стратегическую направленность и технологии развивающего характера, которые служат созданию условий для сбалансиро-

ванной самореализации образовательных, духовно-нравственных, социокультурных потребностей субъектов управления, культивированию способности университета приносить пользу, выгоду обществу (городу, региону, стране);

- внешняя среда (политические, экономические, экологические условия) должны носить поддерживающий характер или не разрушающий внутреннюю активность субъектов управления;

- управление качеством ориентируется на устойчивое развитие образовательного процесса и обеспечивается в саморазвивающемся университете, активно участвующем в реализации стратегии устойчивого развития общества, развитии его духовно-нравственной среды;

- образовательный процесс вуза основывается на инновационном поведении, ориентации на ситуацию приращения показателей качественной работы, на успех в сотрудничестве руководителей и подчиненных, что способствует по законам синергичности, «высвобождающей энергию» саморазвитию, что предполагает инвестиционный прорыв к синергетическому обновлению через освоение современной технологической и управленческой культуры, самоменеджмент;

- создание условий опережающего развития человеческого потенциала, управленческих подсистем субъектов образовательного процесса в структуре технического университета, его структурных подразделениях.

Таким образом, модернизация инженерного образования, принятие ФГОС СПО, ФГОС ВПО, в основе которых лежит продуктивность *профессионально-компетентностного подхода* носит деятельностный характер. Профессиональная компетентность бакалавра обуславливает не только способность к осуществлению профессиональной деятельности, но и практическую готовность быть субъектом профессиональной подготовки в вузе. Готовность бакалавра к управлению качеством системно-профессиональной подготовки в техническом университете, также как и готовность руководящего работника, преподавателя, предполагает наличие следующих *компетенций*: способность к соуправлению, к коллективному труду (сотрудничеству); способность к реализации инноваций в управлении; способность ставить гуманистические задачи профессиональной деятельности; способность к лидерству; владение методологическими и теоретическими основами ноосферно-ориентированного управления; уметь определять миссию профессиональной деятельности, её философию, политику по улучшению качества жизни; здоровье сберегающая, коммуникативно-информационная, коммуникативная компетенции, иллюстрирующие владение системой представлений и ценностно-смысловых установок, направленных на сохранение биологической и социокультурной жизни на планете.

Специфика управления качеством подготовки бакалавров в техническом вузе опирается на диалектически взаимосвязанные направления профессиональной подготовки (предметно-творческое, профессионально-технологическое и социально-ориентированное) и встроенную в учебный процесс, начиная с третьего курса обучения, инженерную специализированную подготовку бакалавра на базовых предприятиях. Это обеспечивает тесную связь науки и практики. Студенты пишут курсовые и дипломные работы под руководством, как вузовских преподавателей, так и руководителей и ведущих научных сотрудников базовых кафедр на предприятиях. Управленческую практическую работу студенты познают в непосредственном общении с рабочими, руководителями предприятий, что повышает эффективность формирования компетенций.

Перспективы развития управления качеством системно-профессиональной подготовки бакалавра связаны как с внешними факторами (развитие ЕПВО, рост конкуренции между вузами, рост требований потребителей образовательных услуг; тенденции глобализации и универсализации высшего технического образования); так и с внутренними факторами (миссия университета, стратегия его развития, человеческий потенциал субъектов управления образовательным процессом, система менеджмента качества в вузе, мотивация субъектов на гармонизацию и кооперирование деятельности, интеграция образовательного процесса с наукой, сотрудничество вуза с потенциальными работодателями, ресурсное обеспечение); и случайными факторами развития. Условия устойчивого развития образовательного процесса, созданные в ходе управленческого воздействия, способствуют достижению нового качества развития и результата.

Волна крупномасштабных социальных и экономических преобразований, мощные интеграционные процессы в науке и образовании требуют сегодня переосмысления роли университета как крупного образовательного, научного и культурного центра, реализующего инновационные решения, формирующего мировоззренческую политику в обществе, способствующего развитию интеграции в сфере образования и науки.

Использование принципов Болонского процесса и преимуществ европейского образовательного пространства предполагает ликвидацию барьеров и разработку таких рамок для преподавания и обучения, которые расширили бы мобильность студентов и сделали сотрудничество между странами в сфере образования более эффективным. Речь должна идти о реализации концепции непрерывного образования, и в этой связи о формировании способности тех, кто обучается, обновлять, углублять и расширять полученные знания, ориентироваться в тенденциях и особенностях постоянных изменений в мировом сообществе.

Таким образом, академический персонал вуза, студенты, аспиранты имеют возможность быть вовлеченными в непрерывную обучающую деятельность так называемых «невидимых колледжей»[1] – виртуальные научные сообщества с обменом опытом между учеными-коллегами и организацией специфических обучающих мероприятий; а также в подготовку через практическую деятельность проектных заявок и последующую проектную деятельность внутри международного научного консорциума. Соответственно, неформальное и информальное образование имеет возможность инновировать содержание формального образования, и дополнять его по мере необходимости в специфической подготовке по определенной тематике, используя гибкие формы подготовки и ресурсы нужных организаций и специалистов, часто являющихся проводниками формального образования (например, университеты); в то же время, такое образование свободно от бюрократических процедур и формальностей, что обеспечивает оперативность и гибкость, хотя и лишено формально признаваемых документов о пройденной подготовке.

Библиографический список

1. Crane D. Invisible Colleges. – Chicago; L. – 1972. – 231 p.
2. Пустынский И.Н. Основные проблемы высшей школы в регионах Сибири и пути их решения / Пустынский И.Н., Алексеев А.Н., Барбакова К.Г. и др. // Сб. докладов 8-й Международной НПК «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» 27 сентября 2002 г. / Отв. ред. В.Н. Масленников; Изд-во Том. ун-та. – Томск-Кемерово, 2002. – С. 3–12. – Ч. 2.
3. Тагунова И.А. Инновационные процессы в образовании в контексте деятельности международных организаций / И. А. Тагунова // Педагогика. 2007. – № 2. – С. 79–90.
4. Филатов С.В. Маркетинговое управление в рамках педагогического проектирования в техническом вузе // Педагогическое образование и наука. – 2011. – №3. – С. 36-41.
5. Филатов С.В., Цуникова Т.Г. Методологические подходы к изучению инновационного образовательного процесса в вузе // Педагогическое образование и наука. – 2011. - № 12. – С. 46-57.
6. Филатов С.В. Методология и модель управления качеством образовательного продукта при формировании маркетинговой компетентности бакалавров по направлению подготовки «Метрология, стандартизация и сертификация» // Педагогическое образование и наука. – 2010. – №12. – С.23-28.

7. Филатов С.В., Цуникова Т.Г. Моделирование системы управления качеством инновационного образовательного процесса в технических вузах // Транспортное дело России. – 2012. – № 9. – С. 223-225.

8. Филатов С.В. Потребительские характеристики образовательного продукта и моделирование его качества при формировании маркетинговой компетентности специалиста – выпускника технического университета // Педагогическое образование и наука. – 2010. – № 11. – С.36-41.

УДК: 378.1

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИННОВИРОВАНИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ АСПИРАНТОВ И МАГИСТРОВ В РАМКАХ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА К ОБУЧЕНИЮ

*Цуникова Т.Г., к.п.н., доцент каф. иностранных языков
МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Основное содержание компетентностного подхода можно свести к модели выпускника высшей школы, который, прежде всего, должен овладеть базовыми знаниями по профессии, развить коммуникативные навыки на родном языке и, по крайней мере, на одном языке международного общения, приобрести способность извлекать, анализировать информацию из различных источников и демонстрировать знание основ и истории предметной области, способность логично и последовательно представлять освоенные знания, умение продемонстрировать понимание общей структуры предметной области и связь между ее подобластями.

Компетентностный подход как актуальная и динамическая система требований (модель специалиста)[1] включает все названные выше содержательные характеристики умений и способностей, которые должен приобрести выпускник вуза в рамках профессиональной подготовки, связанные с формированием и разворачиванием творческих граней мыслительной деятельности индивидов. Последнее предполагает овладение студентами существующими методами развития креативных способностей. Так, например, необходимо учить студентов при изучении содержания научных текстов различать в них логическую структуру. В любом научном тексте содержится логическая структура, элементами которой являются тезис, аргумент и аргументация. Первое самостоятельное творческое отношение

студента к научному произведению предполагает то, что ему известен факт обязательного наличия в научном тексте логической структуры. Еще до начала изучения научной работы студент должен поставить перед собой задачу найти в ней тезисы, аргументы и аргументацию автора работы. Само собой разумеется, что для решения вышеназванной задачи студенту требуется знать, как в логике определяются и связываются между собой логические категории: тезис, аргумент, аргументация.

Практика подготовки к защите магистерских диссертаций показывает, что большинство магистрантов испытывают трудности в формулировке положений диссертаций, выносимых на защиту, а ведь это означает, что они не способны в своей собственной квалификационной работе отыскать тезисы, ведь тезис как раз и есть мысль или положение, истинность которого требуется доказать. Неумение находить тезисы в чужой научной работе ведет к тому, что магистрант не может формулировать тезисы своей магистерской диссертации. Данное неумение порождает пренебрежение магистранта к другим составляющим логической структуры научного текста, а именно к аргументам, истинность которых проверена и доказана практикой, в силу чего аргументы и могут быть приведены в обоснование истинности или ложности тезиса. А значит, студент не владеет способами аргументирования, то есть умением доказывать, обосновывать истинность изложения (тезиса) на основании аргументов, фактов, проверенных практикой. В данном случае речь идет о логической структуре научного текста в рамках формальной логики. *Однако компетентный подход в научно-образовательном процессе в высшей школе реализуется в полной мере, если анализ научных текстов осуществляется с применением категорий диалектической логики, среди которых наиболее продуктивной является категория противоречия.*

В практике подготовки аспирантов и магистров на кафедре иностранных языков МГТУ МИРЭА используются учебные пособия и методические разработки для решения такого рода задач, например, *Чернова Н.И., Катахова Н.В., Цуникова Т.Г.* Английский язык. / Методические указания и контрольные задания по аннотированию и реферированию для аспирантов и соискателей (учебно-методическая разработка)[3]. В рамках подготовки аспирантам и соискателем предлагается ряд обучающих примеров структурирования текстов (Таблица 1.).

Таблица 1.

Обучающий пример написания структурированного обзора научной статьи

Abstract	Резюме, краткий обзор
A concise and factual abstract is required of no more than 300 words, including headings. A structured abstract should contain the following headings (as in-line or run-in headings in bold): Context, Objective, Method, Results and Conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, references should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself. Please see below for an example of a structured abstract [4]: Context: Throughout an organization, people have different responsibilities and work tasks, hence; it is probable that different roles have different priorities when it comes to what should be improved within a company. This has been found in previous studies in marketing, but is this true for software improvement as well? Objective: This paper evaluates how different roles in a software development organization view different issues in software process improvement and if such differences could be used	Краткий, основанный на фактах обзор содержит не более 300 слов, включая заголовки. В структурированный обзор следует включать подразделы с заголовками (в ряд, либо как выделенный подзаголовок). Обзор часто публикуется отдельно от статьи, так что его следует рассматривать как законченное высказывание. По этой причине ссылки могут отсутствовать, однако, если они важны, то указывается автор и год издания. Также следует избегать редко встречающихся или не соответствующих установленным нормам (о языке) аббревиатур (сокращение исходного слова или словосочетания), иначе они должны быть определены при первом упоминании в тексте обзора. Рассмотрим пример структурированного обзора. Контекст (набор фактов и обстоятельств, относящихся к выбранному событию): В рамках предприятия персонал имеет различные обязанности и выполняет различные виды работ, следовательно можно говорить о различной роли и приоритете сотрудников, что касается структурной реорганизации компании. Эти сведения могут составлять некоторое предварительное представление маркетингового управления, однако насколько это справедливо для улучшений в области программного софта? (Определить противоречие). Цели: В статье исследуется зависимость позиции сотрудника в организационной структуре компании по развитию программного обеспечения и представления о развитии это-

in order to provide more tailor-made process improvements within an organization and uses this as a working hypothesis. Method: A quantitative questionnaire containing five different weighted questions related to software process improvement was developed. 84 employees from all levels of a Swedish telecommunication company were then approached, of which 63 responded. Results: The different roles disagreed in three of the questions while they agreed in two of the questions. The disagreement was related to issues about importance of improvement, urgency of problems, and threat against successful process management, while the questions where the roles agreed focused on communication of the processes (documentation and teaching). Conclusion: It is concluded that it is important to be aware and take into account the different needs of different roles. This will make it possible to provide improvements tailored to specific roles which will probably help to overcome resistance to process improvements. It is also important to look into other areas and companies (for example, marketing) where it could be beneficial when conducting process improvements.	го процесса; и как эти специфические различия могут содействовать улучшению технологического процесса. Это положение принимается за рабочую гипотезу. Метод: Анкетирование проводится на основе поддающегося количественному определению опросного листа, тематически связанного с технологическим процессом производства софта, содержащего пять разноресных вопросов. Опрос предназначался для 84 сотрудников, анкету заполнили 64. Результаты: Различие в функционале сотрудников отразилось в трех вопросах, тогда как два пункта дали сходные варианты ответов. Расхождения касались вопросов важности изменений, срочности проблемы и опасений насчет успешного процессного менеджмента (концепция управления, основанная на разбегии деятельности организации на бизнес-процессы и концентрации усилий на оптимизации реализации каждого бизнес-процесса), при этом сходные варианты ответов касались процессов передачи информации (документирования и обучения). Заключение: Делается вывод о важности учета интересов персонала, занимающего различные позиции. Учет этих интересов снимает барьеры технологических усовершенствований. Дальнейшее поле исследований будет охватывать области деятельности и к примеру маркетинговые подразделения с целью поиска продуктивных решений в сфере управления усовершенствованиями.

Библиографический список

1. Цуникова Т.Г. Филатов С.В. Методологические подходы к изучению инновационного образовательного процесса в вузе // Педагогическое образование и наука. – 2011. № 12. С. 46-57.
2. Чернова Н.И., Катахова Н.В., Цуникова Т.Г. Английский язык. / Методические указания и контрольные задания по аннотированию и реферированию для аспирантов и соискателей (учебно-методическая разработка). – М.: МИРЭА, 2011, – 46 с.
3. Guide for Authors //Author information pack 7 Feb 2013 – Название с экрана; - www.elsevier.com/locate/infsof

УДК: 005.6:378

КАЧЕСТВО ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ИННОВАЦИОННЫХ КАДРОВ В ЛОГИКЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

*Чернов А.В., к.т.н., старший преподаватель,
Чернова В.А., старший преподаватель, РУДН, Россия*

Динамизм современной социальной и экономической жизни, возрастающие требования к подготовке инновационных кадров обуславливают изменение приоритетов в организации образовательного процесса в высшей технической школе, его направленность на личностно-профессиональный рост выпускника, на обеспечение условий для раскрытия личностного потенциала и непрерывное формирование его профессиональной компетентности.

Эффективность модернизации экономики и формирования ее технологического облика на основе технико-технологической и институциональной трансформации определяется изменением роли профессиональных и научных кадров. В этом широком контексте одним из факторов, определяющих качество наукоемкой продукции на всех этапах жизненного цикла и ее конкурентноспособность, выступает высокая профессиональная компетентность специалистов в совокупности составляющих общекультурных, общепрофессиональных и профессионально-специализированных компетенций. С целью преодоления недостатков действующей системы по обеспечению оценки качества подготовки инновационных кадров нами разработана концепция структуры и содержания их профессиональной компетентности.

Необходимость формирования комплексной оценки профессиональной компетентности для эффективного функционирования системы подготовки специалистов для наукоемких высокотехнологичных отраслей экономики приобретает особую значимость. В частности, предпосылкой для совершенствования системы оценивания результатов является внедрение

Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) на основе компетентного подхода. Результатом обучения студента в вузе должен стать прогнозируемый уровень сформированности его профессиональной компетентности. Данные о его достижении на разных этапах обучения также чрезвычайно важны для будущей профессиональной деятельности специалиста: они дают возможность преподавательскому корпусу сделать обоснованный выбор дальнейших методических и технологических путей обучения и контроля, дифференциации и индивидуализации профессионально-образовательных программ.

Разработанную систему комплексной оценки профессиональной компетентности инновационных кадров для наукоемких высокотехнологичных отраслей современной экономики отличают независимость (компетенции оцениваются несколькими экспертами); объективность (выводы основываются на стандартизированных оценках); комплексность (обучающиеся проходят испытания при реализации различных оценочных методик и техник); достоверность (комплексная оценка и выводы об уровне сформированности профессиональной компетентности основываются на согласованных оценках результатов выполнения многих заданий большим количеством независимых экспертов; системность (оценивается вся совокупность общекультурных, общепрофессиональных и профессионально-специализированных компетенций); сопоставимость результатов (студенты, обучающиеся в рамках одной специальности или направления оцениваются по единым требованиям к уровню и качеству профессиональной компетентности, заложенным в Федеральном государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования.

Система комплексной оценки профессиональной компетентности инновационных кадров для современной экономики основывается на реализации следующих основных принципов:

1. интеграции функций структурных элементов системы комплексной оценки профессиональной компетентности специалистов;
2. реализации основных требований к полноте и качеству методик оценки качества общекультурных, общепрофессиональных и профессионально-специализированных компетенций, в том числе внедрении систем квалитетического шкалирования, создания алгоритмов принятия решений;
3. обеспечения процессной организации системы. Система комплексной оценки профессиональной компетентности инновационных кадров является частью общей системы менеджмента качества образовательных услуг. Для нее должен быть разработан порядок распределения функций, закрепления ответственности, доступа к информационным ресурсам, защиты информации;
4. учета и согласования интересов всех участников. Здесь речь идет не только о взаимодействии между подразделениями университета, но и об информационной открытости и информационном взаимодействии с конечными потребителями – организациями и предприятиями.

Анализ квалитетического подхода как сочетания концептуальных

положений и методов педагогики, психологии, социологии, экономики, теории измерения, математической статистики позволили разработать квалиметрическую модель комплексной оценки профессиональной компетентности инновационных кадров (рис. 1).



Рис. 1. Квалиметрическая модель комплексной оценки профессиональной компетентности инновационных кадров

В качестве методического обеспечения системы комплексной оценки профессиональной компетентности выступают метод оценки профессиональных компетенций специалистов (измерение единичных показателей - составляющих компетентности для ее комплексной оценки), метод комплексной балльной системы оценки различной по весомости совокупности общекультурных, общепрофессиональных и профессионально-специализированных компетенций. При определении значений коэффициента весомости применялся экспертный метод, который представляет собой обобщение опыта и интуиции специалистов-экспертов. Потенциальное (эталонное) качество профессиональной компетентности определялось как динамическая совокупность общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОП) и профессионально-специализированных (ПСК) компетенций по результатам освоения основных образовательных программ подготовки. Разработанное методическое обеспечение и критерии позволяют осуществлять объективную оценку уровня усвоения содержания этих программ в логике разработанной процедуры диагностики и самодиагностики.

Структура и содержание нормативно-методической документации формировались в следующей логике: определялись требования к результатам освоения основной образовательной программы в совокупности сформированных компетенций; разрабатывались критерии и показатели профессиональной компетентности специалистов для отрасли; создавались методы обеспечения результативности комплексной оценки профессиональной компетентности инновационных кадров для высокотехнологичных отраслей экономики.

В поддержку проведенного исследования стала разработка стандартов измерения профессиональных компетенций и профессиональной компетентности инновационных кадров. По итогам комплексной оценки профессиональной компетентности была разработана документированная процедура принятия решений, которая определяет состав и функции корректирующих и предупреждающих действий.

Результативность системы комплексной оценки профессиональной компетентности инновационных кадров для наукоемких высокотехнологичных отраслей экономики России обеспечивается ее соответствием поставленным и решенным исследовательским задачам.

Библиографический список

1. Чернов А.В. Профессиональная компетентность как основа формирования инновационного потенциала модернизации производства в условиях его диверсификации». // Наукоемкие технологии. М.: Радиотехника. №1. Том 12. 2011. - С. 28- 32.
2. Чернов А.В., Миськов Д.В. «Проектирование системы качества радиотехнических средств». // Нелинейный мир. М.: Радиотехника. №10. Том 6. 2010. - С. 119-123.

ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКЕ – ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КАДРЫ

Чернова В.А., старший преподаватель, Чернов А.В., к.т.н., старший преподаватель, Российский университет дружбы народов, Россия

Современный этап развития мирового хозяйства ознаменован переходом от индустриального к постиндустриальному обществу, основой которого являются информация и знания, обеспечивающие определяющее влияние на уровень развития экономики. Новые знания преобразуются в новые технологии посредством инновационной деятельности, которая охватывает все сферы жизнедеятельности общества и создает предпосылки для замещения труда знаниями. Основа экономики знаний – это совокупность высоких технологий, качественного образования и квалифицированного человеческого капитала, призванная обеспечить создание и реализацию инноваций от возникновения идеи до ее практической реализации. Все более значительную роль играют наукоемкие, информационные отрасли производства, где возникают новые отношения, исповедуются новые ценности.

В общих чертах, основы постиндустриального общества складываются под влиянием двух факторов. Во-первых, основным ресурсом, обеспечивающим динамизм постиндустриальных экономик, стали информация и знания. Их производство основывается на творчестве, осуществляющемся на индивидуальном уровне. Во-вторых, постиндустриальный мир предполагает качественно новую модель воспроизводства. Занимая доминирующие позиции в технологической сфере, он ориентирован на развитие человеческого потенциала.

К настоящему времени практически все ведущие страны мира уже перешли к инновационной модели развития. В развитых странах прирост ВВП на 75-90% достигается именно за счет научно-технической сферы, интеллектуализации основных факторов производства. Этому способствует высокий уровень развития науки и технологий, индивидуальная свобода и развитая информационная инфраструктура, при которых частота инноваций возрастает настолько, что порождает инновационный поток [1].

Следует отметить, что на рынке высокотехнологичной продукции постоянно ведется жесткая конкурентная борьба, в которой, наряду с развитыми западными странами, участвует еще около десятка стран, и выиграют ее лишь те из них, кто успеет создать у себя наиболее благоприятные условия для научных исследований и ключевых элементов научно-технического прогресса.

Эффективность модернизации российской экономики и формирования ее технологического облика на основе технико-технологической и институциональной трансформации определяется изменением роли профессиональ-

ных и научных кадров. Одним из факторов, определяющих качество наукоемкой продукции на всех этапах жизненного цикла и ее конкурентоспособность, выступает высокая профессиональная компетентность инновационных кадров в совокупности составляющих общекультурных, общепрофессиональных и профессионально-специализированных компетенций.

В ходе исследования состояния профессиональной подготовки кадров в логике инновирования экономики России разработаны требования к их профессиональной компетентности, определены методы и механизмы ее комплексной оценки.

Для разработки объективного инструментария оценки общекультурных, общепрофессиональных и профессионально-специализированных компетенций конкурентоспособных кадров для инновационных отраслей нами учитывались область, объекты и виды профессиональной деятельности специалистов, определялись задачи их проектно-конструкторской, научно-исследовательской, организационно-управленческой, производственно-технологической и сервисно-эксплуатационной деятельности.

В логике требований к результатам освоения основных образовательных программ подготовки в системе высшего профессионального образования, заявленных в Федеральном государственном образовательном стандарте ВПО, нами разработана система и взаимодействие конструкторов профессиональной компетентности инновационных кадров для наукоемких предприятий и организаций России, которая позволила разработать механизмы и методическое обеспечение ее комплексной оценки. Обладание требуемой совокупностью компетенций обеспечивает выпускнику вуза гарантированную конкурентоспособность на современном рынке труда и экономное расходование материальных средств на его подготовку и переподготовку как со стороны государства, инновационных отраслей, так и образовательного учреждения.

Система комплексной оценки профессиональной компетентности специалистов для инновационных отраслей основывается на реализации следующих основных принципов: обеспечение интеграции функций структурных элементов системы комплексной оценки профессиональной компетентности специалистов; реализация основных требований к полноте и качеству методик оценки качества общекультурных, общепрофессиональных и профессионально-специализированных компетенций, в том числе внедрении систем квалитетического шкалирования, создания алгоритмов принятия решений; обеспечение процессной организации системы; учет и согласование интересов всех участников. Здесь речь идет не только о взаимодействии между подразделениями университета, но и об информационной открытости и информационном взаимодействии с конечными потребителями.

Результаты оценочных процедур на первом году обучения магистрантов, осуществленных нами на основе квалитетрической модели, представлены на рис.1. Комплексная оценка показала, что никто из магистрантов первого года обучения не продемонстрировал уровень компетенций, заложенных во ФГОС по направлению их подготовки. Учитывая разработанные в ходе оценки рекомендации, осуществлялась корректировка процесса обучения. Итоговая (по окончании магистерской программы) комплексная оценка их профессиональной компетентности показала положительную динамику. Дифференцированы четыре уровня сформированности профессиональной компетентности магистрантов (рис. 2).



Рис. 1 Совокупный показатель сформированности профессиональной компетентности магистрантов первого года обучения (в среднем по группе)

Первый уровень характеризуется соответствием требованиям Федерального государственного образовательного стандарта по направлению обучения; второй - соответствием ФГОС в совокупности с индивидуальными потребностями магистранта; третий - соответствием второму уровню и требованиям работодателя; и, наконец, четвертый (надпрофессиональный) уровень - соответствием третьему уровню и скрытым потребностям инновационной профессиональной деятельности.

Применение разработанных методов нацелено на объективность оценочных процедур, их мониторинг, осуществление корректирующих и предупреждающих действий в системе профессиональной подготовки для ее совершенствования, что, в итоге, позволяет обеспечить инновационными высококвалифицированными компетентными кадрами наукоемкие высокотехнологичные предприятия и организации России.



Рис. 2 Уровни сформированной профессиональной компетентности магистрантов второго года обучения

Разработанные методы оценки общекультурных, общепрофессиональных и профессионально-специализированных компетенций выпускников вузов позволяют повысить объективность оценивания при аттестации, конкурсном отборе на должности при трудоустройстве, при необходимости и целесообразности повышения квалификации или перепрофилирования в условиях модернизации и диверсификации инновационной экономики Российской Федерации.

Библиографический список

1. Н.И. Комков, С.Ю. Ерошкин, М.В. Кравченко Анализ и оценка перспектив перехода к инновационной экономике.//Проблемы прогнозирования. 2005, №6, с. 12
3. А.В. Чернов. Профессиональная компетентность как основа формирования инновационного потенциала модернизации производства в условиях его диверсификации». // Научные технологии. М.: Радиотехника. №1. Том 12. 2011. - С. 28- 32.
4. А.В.Чернов Формирование логики комплексной оценки профессиональной компетентности специалистов инженерного профиля. Материалы Седьмой Международной теплофизической школы «Теплофизические исследования и измерения при контроле, управлении и улучшении качества продукции, процессов и услуг», Тамбов, 2010.

ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННАЯ КОММУНИКАТИВНАЯ КУЛЬТУРА КАК ИНТЕГРАТИВНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПОДГОТОВКИ ИННОВАЦИОННЫХ КАДРОВ

*Чернова Н.И., д.п.н., профессор,
Панкова М.В., аспирантка, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Современное общество, по-новому осмысляя ценности прошлых эпох и в соответствии с реалиями и тенденциями развития социума, трактует образование в качестве приоритетного направления, которое подготавливает будущее, формируя определённые качества обучающегося, его профессиональную компетентность и культуру, мировоззренческие и поведенческие ценности.

XXI-й век, провозглашённый веком образования, даёт возможность уже сейчас обозначить те общемировые тенденции, которые являются основополагающими для развития образования в мире. Одно из них – глобализация, позволяющая формировать “культуру мира” на основе принципов демократии, толерантности, уважения и призванное обеспечить устойчивое развитие каждого члена общества и самого общества. Другим немаловажным фактором, которое определяет образовательное пространство, выступает информатизация как интегрированная информационно-коммуникативная среда, требующая от современного специалиста высокого уровня владения функциональной грамотностью, позволяющей эффективно осуществлять межличностное взаимодействие, поиск необходимой информации и её обработку, общение с различными текстами культуры.

Вместе с тем, современный опыт зарубежных стран позволяет выявить некоторые направления, которые могут быть поддержаны в рамках современного российского образования сообразно национальным интересам во всех социальных сферах. Напрямую связаны с формированием профессионально ориентированной культуры такие из них, как формирование профессиональной компетентности и профессионально-творческой направленности обучения; ориентация на интеллектуализацию обучающегося и др.

Среди тенденций функционирования и развития системы высшего технического образования, приобретающего в последние годы черты социокультурного института, следует выделить ведущую – ориентацию на развитие личности профессионала. Вышеобозначенная тенденция говорит о переходе системы высшего технического образования в качественно иное состояние в направлении формирования культуротворческой модели специалиста, базирующейся на развитой личности профессионала – субъекте общей и профессионально ориентированной культуры, осознающего

и принимающего культурную миссию и социальную значимость своей профессии, ее место в общественной культуре. Речь идет о создании единого культурно-образовательного пространства технического вуза, о культуросообразности профессиональной подготовки современных инновационных кадров для наукоемких высокотехнологичных отраслей.

В контексте анализа педагогической теории и практики все более очевидным становится межкультурный аспект высшего профессионального образования, который зиждется на развитии субъекта в процессе освоения ценностей не одной, а двух (и даже более) культур. И здесь, на наш взгляд, нам видится не полностью востребованный потенциал иностранных языков в формировании личности обучающегося, освоении им профессии как определенным образом структурируемых элементов культуры через язык, где уровень знания языка может также характеризовать уровень его учебной, а в дальнейшем профессиональной «успешности».

Опытно-экспериментальное обучение магистрантов МГТУ МИРЭА в логике формирования у них профессионально ориентированной культуры выстраивалось в среде разноуровневых вариативных диалогических взаимодействий: а) формальный диалог (представлял форму общения участников учебного процесса); б) содержательный диалог (содержание изучаемого фрагмента подавалось в диалогической форме); в) личностно-смысловой диалог (отражал ценностно-ориентационное единство).

Технологизация учебного процесса в направлении развития профессионально ориентированной культуры инновационных кадров, механизм становления субъектом такой культуры позволила прийти к поступательному развитию субъектной позиции обучающихся экспериментальных групп. На рубеже экспериментального обучения была осуществлена комплексная диагностика уровня овладения магистрантами первого курса ценностным компонентом профессионально ориентированной культуры. В качестве материалов, подлежащих оценке, стали также тексты творческих научных проектов магистрантов. Алгоритм подсчета полученных данных составлялся на основе стандартных приемов классификации.

Магистрантам экспериментальных групп были предложены следующие рубрики: «Человек и микроэлектронная среда», «Киберпространство», «Роботизация», «Искусственный интеллект – за гранью предсказуемости», «Культура современного наукоемкого инновационного производства», «Человек – компьютер – будущее». Преобладающими оказались идеи, связанные с местом и культуросозидательной ролью профессионала в современной технократической среде. Более того, в своих творческих научных проектах магистранты не ограничились лишь констатацией фактических данных и анализом современного состояния в заданной научно-технической области, а аргументировано предлагали пути культуросообразного развития, проявляя профессиональное самосознание, профессиональный долг, моральную готовность к выполнению культуросозидательной миссии в рамках научной и инновационной профессиональной деятельности.

С учетом критериев оптимизации процесса обучения были дифференцированы признаки оптимизации формирования профессионально ориентированной культуры. Первым признаком следует считать одновременное ее развитие у большинства учащихся в учебной группе. Вторым признаком является развитие у каждого учащегося большинства ее компонентов и связей. Третьим признаком является непрерывное продвижение от низших уровней профессионально ориентированной культуры к высшим в максимально возможном для данных условий темпе, но без чрезмерной утомляемости преподавателей и обучающихся.

Экспериментальный педагогический процесс и его параметры сравнивались с параметрами процессов, протекавших в массовом опыте лингвистической подготовки магистрантов. Эффективность экспериментальной работы определялась не по абсолютным значениям, а по педагогическому эффекту, что соответствует естественным условиям учебного процесса.

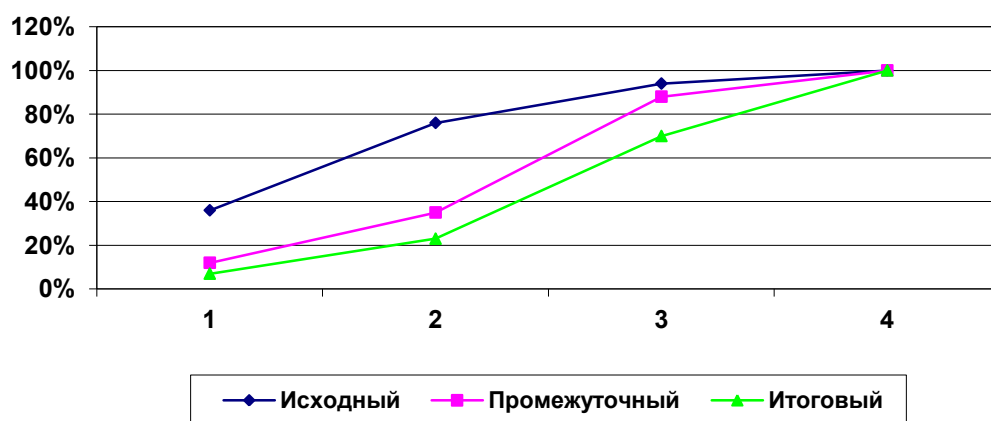


Рис. 1. Динамика развития профессионально ориентированной культуры магистрантов на этапах мониторинга

Библиографический список

1. Чернова Н.И. Интерактивные образовательные технологии формирования лингвогуманитарной культуры специалиста в системе высшего технического образования (монография). М.: Изд-во МИРЭА, 2005. – 208 с.
2. Чернов А.В., Чернова Н.И. Компетентностный подход в логике профессиональной подготовки специалистов для наукоемких отраслей. // Материалы Международной научно-практической конференции «Профессионализм педагога: компетентностный подход в образовании», Москва, 2010.- С.86-93.

СЕКЦИЯ №9: МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ В РАДИОФИЗИКЕ

UDC: 538.311; 621.396

SOME FUNDAMENTAL ISSUES OF THE MATHEMATICAL THEORY OF WAVE PROPAGATION

Shestopalov Y.V., Dr Sci, professor, Karlstad University, Sweden

Introduction

We give a short insight to the spectral theory of open structures including some mathematical aspects of modeling the interaction of oscillations and waves. The problems in question are considered within the frames of spectral theory of nonselfadjoint operators and operator-valued functions (OVFs) [1, 2] using reduction to generalized dispersion equations (GDEs) and analysis of the spectral and various critical points (CPs) of multi-parameter OVFs [1—3], in particular, integral and infinite-matrix (summation) OVFs [2, 4—7]. It turns out that some CPs of the OVF are associated with the points where one or several eigenvalues of partial domains merge [4—7] and interaction of oscillations occur in this case; namely, the electromagnetic field distributions become unstable with respect to small variations of certain parameters of the structure (geometric, permittivity etc.) in the vicinities of critical values.

Problem settings

In electromagnetics, acoustics, and optics, fields in a medium are described by the Maxwell equations. Their particular solutions in the form of time-harmonic linearly polarized electromagnetic field lead to boundary value or boundary eigenvalue problems [1,2,4] for the Helmholtz equation (or a system of Helmholtz equations) with variable complex-valued coefficients that describe (in the absence of sources) oscillations and running waves in open or closed metal—dielectric cylindrical guides of arbitrary cross section

$$\begin{aligned} (\Delta + \lambda)u = 0, \quad (\Delta + \lambda)v = 0 \quad \text{in } R^2 \setminus \Gamma_e \cup \Gamma_m, \\ \ell(\lambda)[u, v] = 0 \quad \text{on } \Gamma_e, \quad u|_{\Gamma_m} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial n}|_{\Gamma_m} = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

where u, v are the longitudinal field components, Γ_e and Γ_m are, respectively, the interface and perfectly conducting parts of the waveguide boundary, and $\ell(\lambda)[u, v]$ is a boundary (trace) differential operator of the first order nonlinear with respect to the spectral parameter λ complemented if necessary by partial radiation conditions at infinity (also nonlinear with respect to λ). For oscillations in an open resonator in the form of a dielectric tube [6, 7] or for running

waves in the so-called weak-guiding approximation this setting reduces to two independent boundary eigenvalue problems

$$\begin{aligned} (\Delta + \lambda)u &= 0, & (\Delta + \lambda)v &= 0 \quad \text{in } R^2 \setminus \Gamma_e \cup \Gamma_m, \\ [u]_{\Gamma_e} &= 0, & \left[\frac{\partial u}{\partial n} \right]_{\Gamma_e} &= 0, & u|_{\Gamma_m} &= 0, & [v]_{\Gamma_e} &= 0, & \left[\frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial v}{\partial n} \right]_{\Gamma_e} &= 0, & \frac{\partial v}{\partial n} \Big|_{\Gamma_m} &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

(complemented by partial radiation conditions at infinity nonlinear with respect to λ); here the boundary differential operator $l(\lambda)$ splits into two and is no longer dependent on the spectral parameter.

Spectral theory methods

Analysis of spectral problems (1) employing the operator spectral theory is based on the following approach developed in [1,2,4,6]: boundary eigenvalue (spectral) problems are reduced to operator eigenvalue problems with nonlinear dependence on the spectral parameter $K(z; \mathbf{a}) = 0$ called GDE. Here, operator $K(z; \mathbf{a})$ nonlinear with respect to spectral parameter z and $\mathbf{a}$ is an OVF acting on the pair of Banach spaces X, Y and $\mathbf{a}$ is a vector of nonspectral parameters describing the geometry of the domain, coefficients of the differential operator, etc. In the majority of applied problems, it is necessary to calculate families of characteristic numbers (CNs) $z = z(\mathbf{a})$ of K determined implicitly by GDE rather than separate eigenvalues. In the case of canonical Fredholm OVFs $K(z; w) = I + B(z; w)$ (where I is the identity operator, $B(z; w)$ is a compact analytical or finite-meromorphic OVF of z , and w is a (complex) parameter), the determination of CNs can be reduced in many cases to the functional equation (GDE) $F(z; w) = 0$ with $F(z; w) = \det[I + B(z; w)]$ being the infinite determinant. The variation of the set of CNs of K (zeros of F with respect to z) as functions of w which may lead to the occurrence of CPs is then considered. Analysis of CPs enables one to describe various physical phenomena, including intertype interaction of oscillations and waves [5—7]. In many cases, K is a finite-meromorphic OVF of a definite structure; namely,

$$K = K(z) = P_n(z) + \bar{U}_n(z) = T(z) + A_n(z)(z - \zeta_n)^{-1} + U_n(z), \quad (3)$$

where $A_n(z)$ is finite-dimensional, $T(z)$ is invertible, and $U_n(z)$ is completely continuous. In this case, CNs z_n ‘generated’ by poles ζ_n are located in the vicinities of ζ_n . Other typical examples are when K is in the form of a scalar or matrix integral OVF [2, 5—7]

$$K(z; a_0) = \int_S K(t_0; t, z) \phi(t) dt, \quad (4)$$

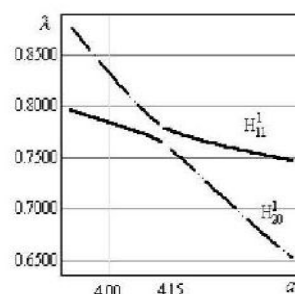
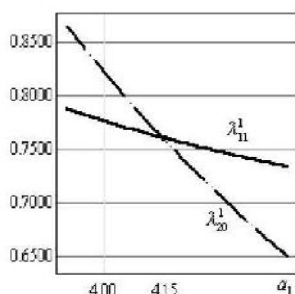
where there is only one nonspectral parameter, $a_0 = \text{diam } S$, or when K is defined by an infinite matrix $\|k_{mn}(z; \mathbf{a})\|$ [7] and is considered in the Hilbert space (l_p) of infinite complex sequences.

Interaction

Both $\zeta_n(a)$ and the corresponding CN $z_n(\mathbf{a})$ depend on the parameter vector $\mathbf{a}$. In a vicinity of a CP $\mathbf{a}^*$ where the poles of different indices merge, $\zeta_n(\mathbf{a}^*) =$

$$\lambda_{ps} = \lambda_{ps}(a, b) = \pi^2 \left(\frac{p^2}{a^2} + \frac{s^2}{b^2} \right), \quad p, s = 0, 1, \dots, \quad (5)$$

$\lambda_{11}(a, b) = \pi^2 \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)$, $\lambda_{20}(a, b) = \pi^2 \left(\frac{4}{a^2} \right)$, and $\lambda_{11}(a, b) = \lambda_{20}(a, b)$ at $a = b\sqrt{3}$. If b is fixed



Conclusion. Spectral theory of open structures offers a powerful tool that enables one to formulate correct mathematical statements of the problems concerning determination and qualitative analysis of waves and oscillations in broad families of open and closed resonators and guides. The recent findings have completed the foundations of the mathematical theory of wave propagation in a broad class of waveguides.

1. V. Shestopalov and Y. Shestopalov, Spectral Theory and Excitation of Open Structures, London. Peter Peregrinus.1996

2. Y. Shestopalov, E. Chernokozhin, and Y. Smirnov, Logarithmic Integral Equations in Electromagnetics, VSP Int. Science Publishers, Utrecht, Boston, Köln, Tokyo (2000).
3. A.V. Yakovlev and G. Hanson, On the Nature of Critical Points in Leakage Regimes of Conductor-Backed Coplanar Strip Line, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. 45, no. 1. pp.87 – 94 (1997).
4. Y. Shestopalov, On the Theory of Cylindrical Resonators, Math. Meth. Appl. Sci. 1991. Vol. 14, pp. 335–375.
5. Y. Shestopalov and N. Kotik, Interaction and Propagation of Waves in Slotted Waveguides, New J. Phys., Vol. 4, no. 40, pp. 40.1-40.16 (2002).
6. Y. Shestopalov, Y. Okuno, and N. Kotik, Oscillations in Slotted Resonators with Several Slots: Application of Approximate Semi-Inversion, Progress in Electromagnetics Research, PIER-39, pp. 193-247 (2003).
7. Y. Shestopalov and O. Kotik, Interaction of Oscillations in Slotted Resonators and its Applications to Microwave Imaging, J. Electromagnetic Waves Applications, Vol. 17, no. 2, pp. 291-311 (2003).

UDC: 537.86.029

PARAMETER OPTIMIZATION OF WAVEGUIDE FILTERS

Pavel Tomášek

eng., postgraduate student, Tomas Bata University in Zlín, Czech Republic,

Yury Shestopalov

professor, Karlstad University, Sweden

INTRODUCTION: In this work we consider parameter optimization of filters created on the basis of multi-layered parallel-plane dielectric diaphragms in waveguides of rectangular cross section. This topic is interesting as far as alternative possibility of designing specific frequency selective filters is concerned. These filters can for example suppress a desired band of frequencies.

The calculation of transmission coefficient is based on the fundamental mathematical background [1,2] and an analytical approach developed in [2-5]. The parameter optimization method and local optimization techniques are described in [6,7] and applied in [11]. The filters under study are frequency selective filters which are multi-layer structures in a waveguide [6,9]. A specific behaviour of the transmission coefficient characteristic for these structures is governed by frequency, parameters of layers, and geometry of a given filter [12].

The first experiments with optimization of filters using evolutionary approach (a genetic algorithm) were performed in [8], further experiments were performed in [14]; the considered filters consisted of a frequency selective surface (FSS) placed on the transverse plane in a rectangular waveguide causing its

filtering behaviour. Due to the boundary conditions imposed on the metal waveguide walls, the FSS results to be infinite in extent, allowing the use of fast and efficient method of moment solvers to analyse its properties. A genetic algorithm has been adopted to optimize the filter performance. The techniques [6-8,11,14] that make use of complicated inclusions in waveguides to design FSSs and filters employ approximate numerical schemes for calculating the transmission characteristics that produce non-controllable errors in the filter design.

An approach presented in this article is virtually free from this drawback because it is based on explicit formulas for the transmission coefficient obtained and applied in [7-10] and careful investigation of its properties as a function of several complex variables (see [6]) and therefore provides more robust determination of the filter characteristics and goals. The method allows simultaneous analysis and design of not only narrow band-pass but also wider band-pass and band-stop filters — rectangular waveguides loaded with layered dielectric diaphragms.

STATEMENT OF THE PROBLEM: Assume that a single-mode waveguide [13] of rectangular cross section with a perfectly conducting boundary surface contains a body which has the form of a diaphragm, an insert separated into several sections adjacent to the waveguide walls. The waveguide is filled with an isotropic and homogeneous layered medium of constant permittivity. The sections of the diaphragm are filled each with a medium of a constant permittivity.

Solving the forward problem for Maxwell's equations we obtain explicit expressions for the field inside every section of the diaphragm and outside the diaphragm. An explicit expression for the transmission coefficient of a multi-sectional diaphragm

$$A = \frac{1}{2 \prod_{j=0}^n \gamma_j} (\gamma_n p_{n+1} + \gamma_0 q_{n+1}) F e^{-i\gamma_0 l_n} \quad (1)$$

is obtained from a system of equations related to transmission conditions on the boundary surfaces on the diaphragm sections [7-10]; here A is the amplitude of the incident wave, F is the transmission coefficient, n is the number of sections in the diaphragm, and other quantities and symbols γ , p , q , l are explained in [7,8]. We see that the transmission coefficient is a function of several complex variables; therefore its direct analysis meets substantial difficulties. Although given explicitly, formula (1) can hardly allow one to apply analytical methods for parameter optimization when the number of sections n exceeds two and becomes extremely complicated when n is several tens or more. In view of this fact, numerical optimization procedures should be applied.

OPTIMIZATION: A frequency range, an initial geometry with design variables (e.g. width and height of the waveguide cross section), and optimiza-

tion goals must be set (e.g. for a specific band-stop filter) before performing the optimization of a waveguide filter.

The transmission coefficient depends on frequency and other parameters forming the parameter vector of the filter which specifies the geometry (defined by design variables) and sections positions. An optimization method searches for the set of parameters which satisfies the given objectives, at least approximately, being thus in a certain sense optimal. In our analysis, we use an explicit representation for the transmission coefficient of a multi-sectional diaphragm (1).

An optimization goal is defined by the frequency ranges where the transmission coefficient must be lower or greater than a threshold value set by a user. In our work, optimization was performed numerically using a local optimizer *fmincon* [15] in Matlab (a possible alternative is *fminsearchbnd* [10]) applied to the result of analysis of the diaphragm transmission coefficient given explicitly by (1).

EXPERIMENTS: For test purposes of this study, specific optimization goals were defined: to create a band-stop filter (that suppresses a specific frequency band) applied in the frequency range from 10 to 30 GHz and attenuating frequencies from 19 to 21 GHz while in the lower and higher bands (from 10 to 17 GHz and from 23 to 30 GHz) the frequencies should be passed.

We have made several numerical experiments; the most suitable one which has demonstrated the best results and met the prescribed band-stop filter conditions is presented below. A diaphragm made of twenty sections is used; the materials of the sections are polyimide (relative permittivity 3.4) and air (relative permittivity 1.0006). These materials were repeated ten times to form ten pairs (Fig. 1). Two parameters (design variables) were optimized in this experiment: the thicknesses of each polyimide and air sections. The filter parameter values are as follows: the amplitude of the incident wave is 1.0, the waveguide width and height are, respectively, 20 and 5 mm, and the thicknesses of the sections varies from 0.5 to 50 mm. The optimized transmission coefficients are presented in Fig. 1.

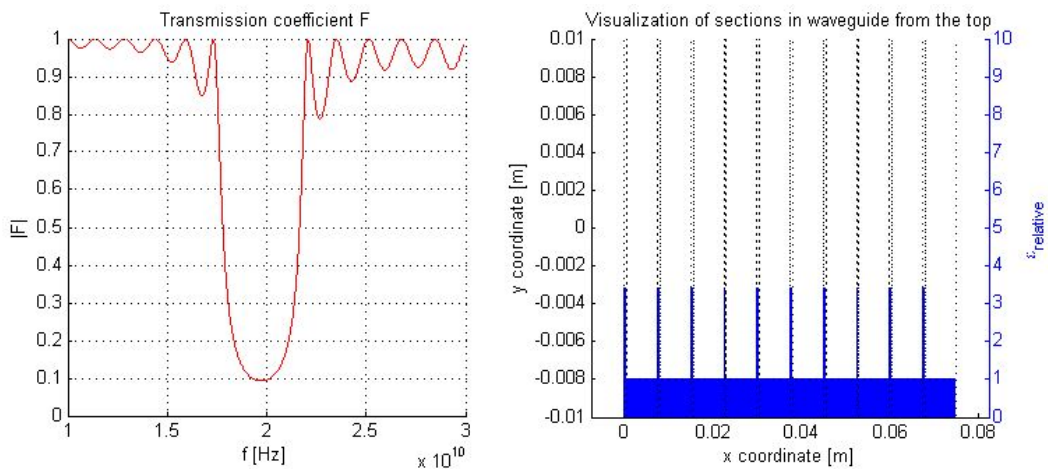


Figure 1: Result of optimization of a 20-sectional diaphragm with respect to two design variables: thicknesses of two periodically changing materials having definite permittivities

The optimization procedure results in an excellent filter which suppresses the desired band of frequencies and passes the others. The optimized thicknesses are 0.602808 mm for polyimide sections and 6.88111 mm for air sections.

CONCLUSION: A method of optimizing multi-layered parallel-plane dielectric diaphragms in waveguides of rectangular cross section is proposed and tested.

Results of numerical experiments confirm the possibility of using rectangular guides loaded with parallel-plane dielectric medium (sections) in the waveguide filter design and construction as a band-stop filter to suppress a desired band of frequencies. Other types of filters, such as band-pass, low-pass, or high-pass filters can be also created and optimized using the proposed technique.

Further work in this direction should prove these theoretical studies by the results of actual measurements.

ACKNOWLEDGEMENTS: This work was partially supported by the Visby Program of the Swedish Institute and by an internal grant of Tomas Bata University in Zlin: IGA/FAI/2013/007.

References:

1. Y. Shestopalov and Y. Smirnov, Inverse scattering in guides, *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 346, 012019, 2012.
2. Y. Shestopalov and Y. Smirnov, Numerical-analytical methods for the analysis of forward and inverse scattering by dielectric bodies in waveguides, *Proc. 19th Int. Conf. on Microwaves, Radar and Wireless Communications (MIKON-2012)*, Warsaw, Poland, 21-23 May 2012, pp. 127-132.
3. Y. Smirnov, Y. Shestopalov, and E. Derevyanchuk, Reconstructing permittivity of layered dielectrics in a rectangular waveguide, *Proc. Algebra, Geometry, Mathematical Physics (AGMP) Int. Conf.*, Mulhouse, France, 24-26 October 2011, *Springer Proceedings Series*, 2013 (in press), 13 p.
4. Y. Smirnov, Y. Shestopalov, and E. Derevyanchuk, Solution to the inverse problem of reconstructing permittivity of an n-sectional diaphragm in a rectangular waveguide, *Proc. Algebra, Geometry, Mathematical Physics (AGMP) Int. Conf.*, Mulhouse, France, 24-26 October 2011, *Springer Proceedings Series*, 2013 (in press), 13 p.
5. Y. Smirnov, Y. Shestopalov, and E. Derevyanchuk, Permittivity reconstruction of layered dielectrics in a rectangular waveguide from the transmission coefficients at different frequencies, *Proc. Int. Workshop on Inverse Problems and Large-Scale Modeling*, Sunne, Sweden, 1-6 May 2012, *Springer Proceedings Series*, 2013 (in press), 12 p.
6. R. Chan, R. Mittra, and T. Cwik. Techniques for analyzing frequency selective surfaces – A review. *IEEE*, vol. 76/12, pp. 1593-1615, 1988.

7. A. Antoniou and W. S. Lu. Practical Optimization: Algorithms and Engineering Applications. Springer (India) Pvt. Limited, 2009.
8. Lei Yin, ZuPing Qian, Wei Hong, Xiao Wei Zhu, and YiYuan Chen. The Application of Genetic Algorithm in E-Plane Waveguide Filter Design. Int. J. Infrared Millimeter Waves, vol. 21, pp. 303-308, 2000.
9. T. K. Wu. Frequency selective surfaces and grid arrays. Wiley, 1995.
10. John D'Errico. fminsearchbnd, fminsearchcon - file exchange — matlab central [online]. <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/8277-fminsearchbnd>, 2012-02-06 [cit. 2012-12-20].
11. A. Elhawil, G. Koers, L. Zhang, J. Stiens, and R. Vounckx. Comparison between two optimisation algorithms to compute the complex permittivity of dielectric multilayer structures using a free-space quasi-optical method in W-band. In IET Science, Measurement & Technology, vol. 3/1, pp 13-21. Institution of Engineering and Technology, Stevenage, ROYAUME-UNI, 2009.
12. P. S. Goldsmith. The quasi optical techniques. IEEE, vol. 80, pp. 1729-1747, 1992.
13. J. D. Jackson. Classical electromagnetics. Wiley, 1967.
14. A. Monorchio and, G. Manara, U. Serra, G. Marola, and E. Pagana. Design of waveguide filters by using 21 genetically optimized frequency selective surfaces. Microwave and Wireless Components Letters, IEEE, vol. 15, pp. 407 - 409, 2005.
15. The MathWorks, Inc. Mathworks nordic - find minimum of constrained nonlinear multivariable function - matlab [online]. <http://www.mathworks.se/help/optim/ug/fmincon.html>, [cit. 2012-12-20].

УДК 519.254, 004.67

ОБРАБОТКА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СВЧ-СИГНАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ПЛАЗМЕННОМ РЕЛЯТИВИСТСКОМ СВЧ-ГЕНЕРАТОРЕ

Андреев С.Е., МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Ульянов Д.К., к.ф.-м.н., Учреждение РАН

институт общей физики им. А.М. Прохорова, Москва, Россия

При проведении исследований по генерации мощного СВЧ-излучения в плазменных релятивистских СВЧ-генераторах (ПРГ) в частотно-периодическом режиме (энергия электронов 500 кэВ, частота следования импульсов 50 Гц, длительность пачки 1 сек, мощность СВЧ-излучения 50 МВт) [1] необходимо обработать временной ряд (ВР), состоящий из последовательности 50 импульсов. Временной ряд представляет собой сигнал СВЧ-излучения, полученный с антенны типа несимметричный вибратор с помощью быстрого (полоса 4 ГГц) осциллографа.

Основной задачей эксперимента является возможность управления спектром в каждом из 50-ти импульсов пачки. Генерируемое в ПРГ СВЧ излучение выводится в окружающее пространство при помощи рупорной антенны. Излучение принимается на расстоянии ~ 100 см вибраторной антенной, далее передается по коаксиальной линии, состоящей из кабеля и аттенюатора. ВР регистрируется осциллографом Tektronix TDS-7404.

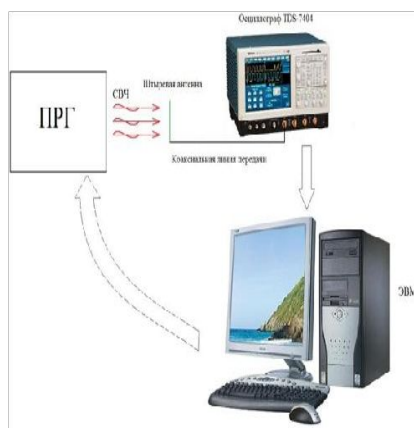


Рисунок 1. Схема эксперимента.

Характеристики осциллографа TDS-7404:

- полоса пропускания 4 ГГц;
- $2 \cdot 10^{10}$ выборок в секунду (шаг дискретизации 50 пс);
- используется интерполяция $\sin x/x$, уменьшающая шаг между точками до 12 пс;
- разрядность АЦП – 8 бит.

Для достижения задачи эксперимента необходимо подобрать параметры установки, с целью получения необходимых характеристик спектра в каждом импульсе серии. Подбор осуществляется в результате анализа полученной информации за время между экспериментами (около 2 мин). Для решения этой задачи была разработана методика обработки подобных временных рядов и создан пакет программ:

1. для оперативной обработки данных эксперимента (около 2 мин.),
2. для тщательной обработки серий экспериментов

В ходе тестирования был определен набор характеристик последовательности СВЧ- импульсов (программа 1):

- Энергия в каждом выстреле (в отн. ед., для анализа равномерности распределения энергии среди выстрелов)
- Длительность каждого импульса
- Средняя мощность каждого выстрела
- Гистограмма суммы амплитудных спектров всех выстрелов
- Спектр для отдельного выбранного СВЧ- импульса
- Огибающая для отдельного выбранного СВЧ- импульса
- 3d спектр всех выстрелов
- оценка ширины спектра в каждом выстреле

Для реализации данной задачи было решено использовать САПР MathCAD 14. В начале работы общий ВР, описывающий последовательность СВЧ-импульсов, разбивается на вспомогательные ВР, описывающие каждый импульс в отдельности. Эти ВР подвергаются обработке в соответствии с таблицей:

№	Характеристика	Описание
1	Энергия	Гистограмма. Среднее от квадрата амплитуды ВР
2	Длительность	Гистограмма. Эквивалентная длительность прямоугольного импульса равной амплитуды и энергии с СВЧ-импульсом
3	Средняя мощность	Гистограмма, получена из 1 и 2
4	Гистограмма суммы спектров	Гистограмма суммы амплитудных спектров от всех ВР, с окном 200 МГц без учета шумовой составляющей (менее 0.2 от максимального значения амплитуды)
5	Спектр 1 выстрела	Спектр, полученный с помощью БПФ
6	Огибающая 1 выстрела	Детектированный ВР, возведенный во вторую степень
7	3d спектр	Графическое 3d-представление всех спектров серии
8	Частотный диапазон	График. Определяется нижняя верхняя частота спектра каждого ВР серии, а также частота с максимальной амплитудой

Результат работы представлен на рисунке 2.

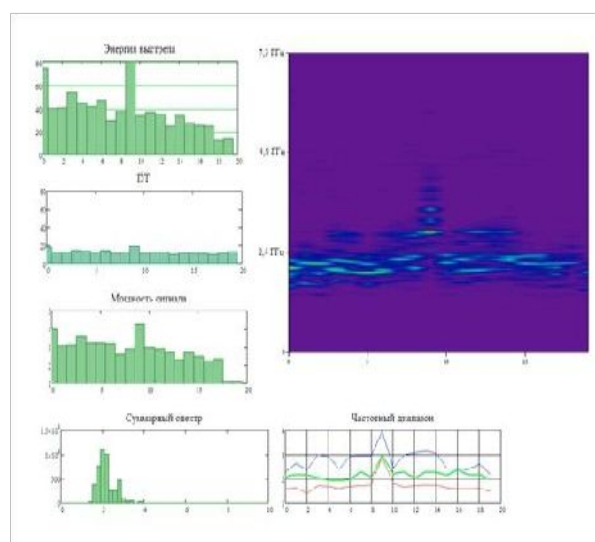


Рисунок 2. Результат оперативной обра-

В итоге такая быстрая обработка позволила получить наглядную информацию о наборе параметров каждого ВР серии. Также была предусмотрена возможность быстрого просмотра любого выстрела из последовательности.

После проведения серии экспериментов, необходимо проводить детального анализа ВР, требующая больших затрат времени. С этой целью была создана программа 2. Программа написана в программной среде MATLAB 7.0 и выполняет вейвлет преобразование от каждого СВЧ- импульса.

Вейвлет анализ производится по базисным функциям— это осциллирующие функции, быстро спадающие во времени (имеют конечный размер

по времени), в отличие от бесконечных синусоидальных функций, используемых в Фурье-анализе.

Непрерывное (интегральное) вейвлет-преобразование временного сигнала $x(t)$ по вейвлетам является функцией масштаба и времени:

$$W_{\Psi}(a, b) = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \Psi_{a,b}(t) dt$$

Преобразование $W_{\Psi}(a, b)$ при фиксированном значении масштаба a это вариант фильтрации $x(t)$ через полосовой фильтр с импульсной характеристикой $\Psi_a(t)$. Из формулы выше следует, что вейвлет-спектр является масштабно-временным двумерным спектром: временной масштаб a аналогичен периоду осцилляции, а b определяет смещение по оси времени.

В качестве материнского вейвлета в данном программном комплексе используется вейвлет Морле. Для увеличения производительности и разрешения по частоте в программе используется следующий вейвлет на основе вейвлета Морле полученный из оригинального вейвлета:

$$\Psi(t) = e^{-\frac{t^2}{40}} \sin(5t)$$

Данный вейвлет сочетает в себе хорошее разрешение по частоте и необходимое разрешение по времени.

Пример работы программы в виде изображений контурных графиков представлен на рисунке 3.

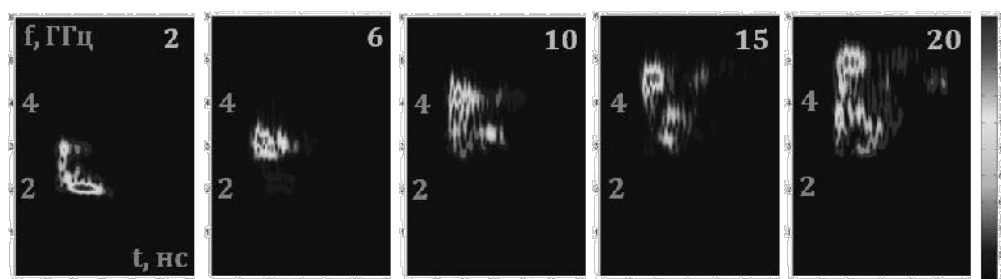


Рисунок 3. Результаты вейвлет обработки.

При проведении быстрой обработки по программе 1 основной акцент делался на наглядность представляемой информации, поэтому было выбрано графическое предоставление результатов (это дает возможность быстро принять решение об изменении параметров следующего эксперимента). Результаты сохранялись и в цифровом виде для хранения в базе данных. В программу 2 кроме вейвлет преобразования планируется включить также возможность получить спектры от автокорреляционной функции и оконное преобразование Фурье для каждого импульса.

В результате работы с программами впервые были получена возможность управления частотой по заранее заданному закону в каждом импульсе пачки. Также планируется использовать полученные результаты для оценки плотности плазмы в момент генерации СВЧ-излучения по излучаемому спектру в рамках работы по грантам.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 8392 от 24 августа 2012 г. «Образование структур и стохастизация в плазме», комплексной программа РАН «Фундаментальные проблемы импульсной сильноточной электроники» и гранта РФФИ №12-08-00638-а.

Библиографический список

1. И. Л. Богданкевич, Д. М. Гришин, А. В. Гунин и др. //ФП, 2008, т.34, №10, с.926-930
2. Н.Н. Скворцова, О.В. Шестаков, Д.В. Малахов Лекции по курсу «Прикладная радиофизика». Методы численного анализа стохастических сигналов: Учебное пособие// Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)» – М., 2011. – 112с.

УДК: 004.8.032.26

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В ПРОГРАМНОЙ СРЕДЕ LabVIEW

*Балагур А.А., к.ф.-м.н., доцент, Михалин О.А., аспирант,
Хрусталева А.А., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

Для решения конкретных радиотехнических задач целесообразно использовать вместо массивных лабораторных макетов эквивалентные виртуальные модели, создаваемые в программной среде LabVIEW.

Программные комплексы типа LabVIEW оптимальным образом позволяют связать большие вычислительные и графические возможности компьютера и высокую точность, и быстродействие современных АЦП и ЦАП. Программный комплекс позволяет наглядно демонстрировать работу всех устройств, подключенных к измерительному комплексу, в том числе и виртуальных и присоединенных посредством компьютерной сети [1].

Для детерминированных входных сигналов соотношение между выходными и входными сигналами всегда однозначно задается системным оператором. Для полного определения системы необходимо задание характера, типа и области допустимых величин входных и выходных сигналов. Системы подразделяются на линейные и нелинейные (связь между входным и выходным сигналом определяется произвольным нелинейным законом), системы непрерывного времени (аналоговые или дискретные сигналы на входе и выходе) и цифровые системы. Совокупность системного опера-

тора T и областей входных/выходных сигналов образует математическую модель системы.

В LabVIEW данная система может иметь вид, показанный на рис. 1.

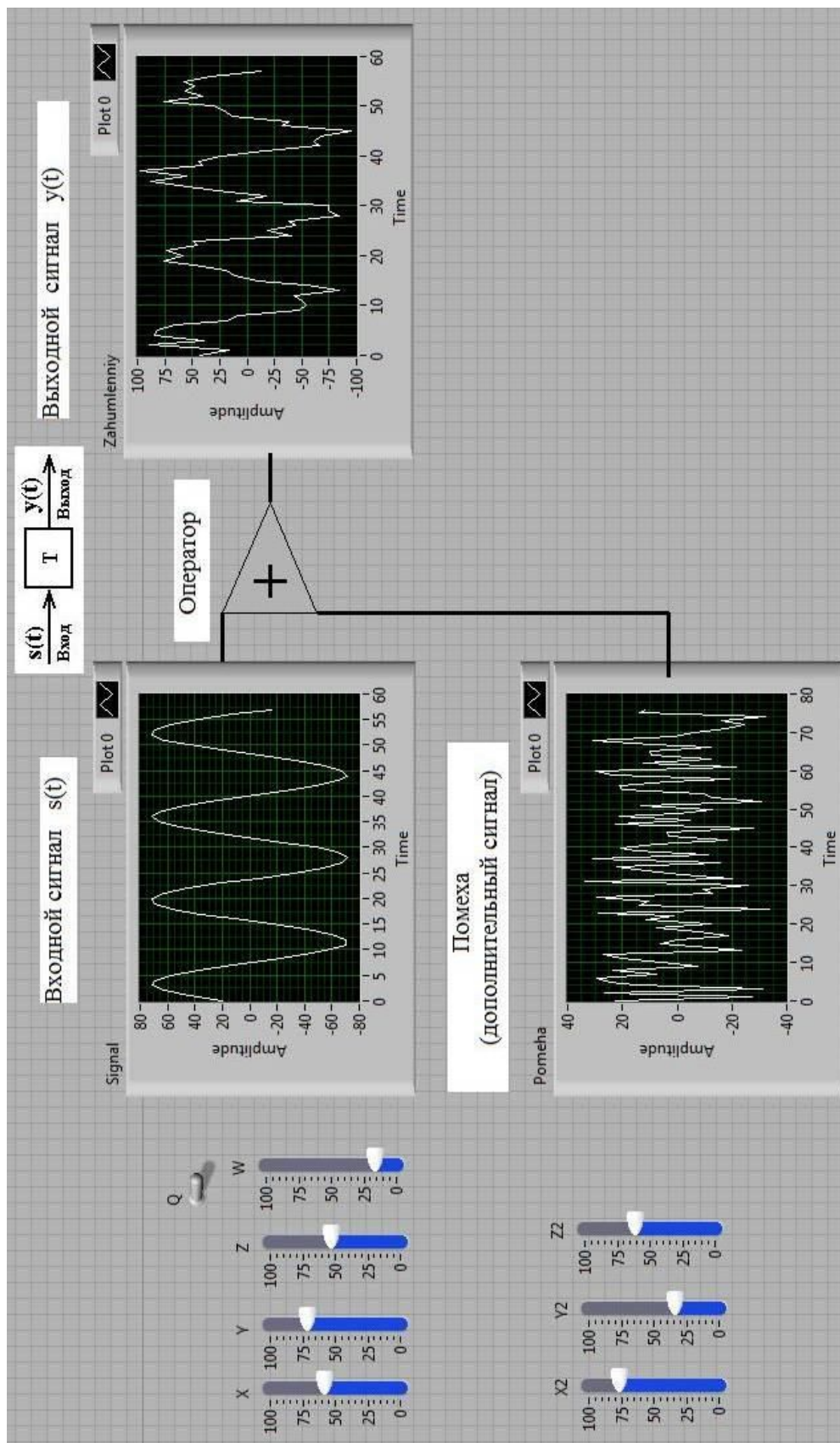


Рис. 1 Внешний вид реализации системы в виде виртуального прибора

Для детерминированных входных сигналов соотношение между выходными и входными сигналами всегда однозначно задается системным оператором. Если на вход системы действует реализация случайного процесса, то существует однозначное соответствие процессов на выходе и входе системы, однако при этом одновременно происходит изменение статистических характеристик сигнала, которое также определяется системным оператором.

В общем случае сигналы являются многомерными функциями пространственных и временных координат. Для двухмерного случая сигнал представлен на рис. 2.

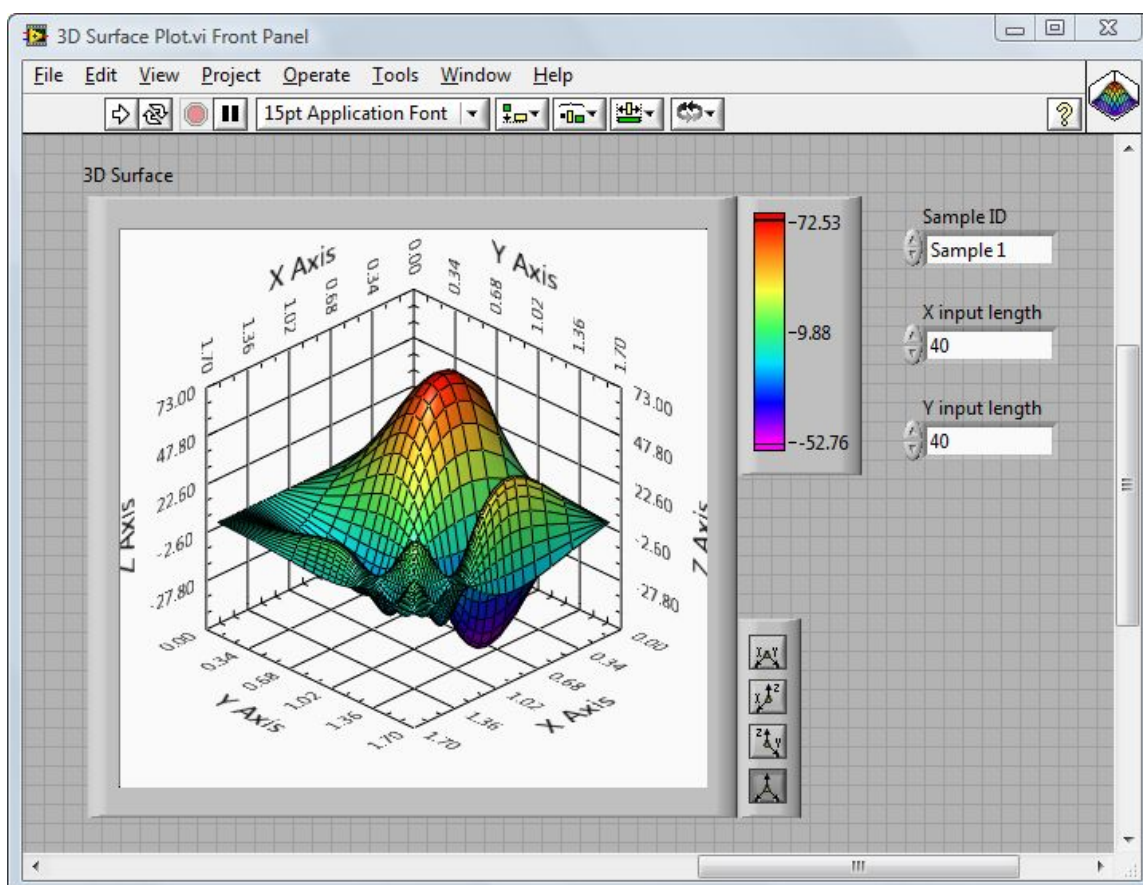


Рис. 2 Представление сигнала в LabVIEW

Виртуальные приборы позволяют снимать показания в виде мониторинга сигналов на входе и на выходе системного оператора. Экспериментальные данные могут быть показаны на блоках:

1. Блок дополнительных настроек и воспроизведения исходных сигналов, включая дисплеи, демонстрирующие их спектры.
2. Блок воспроизведения сигналов, прошедших через фильтры (рис. 3).
3. Блок воспроизведения спектров сигналов, прошедших через фильтры.
4. Блок воспроизведения сигнала на выходе сумматора/усилителя.

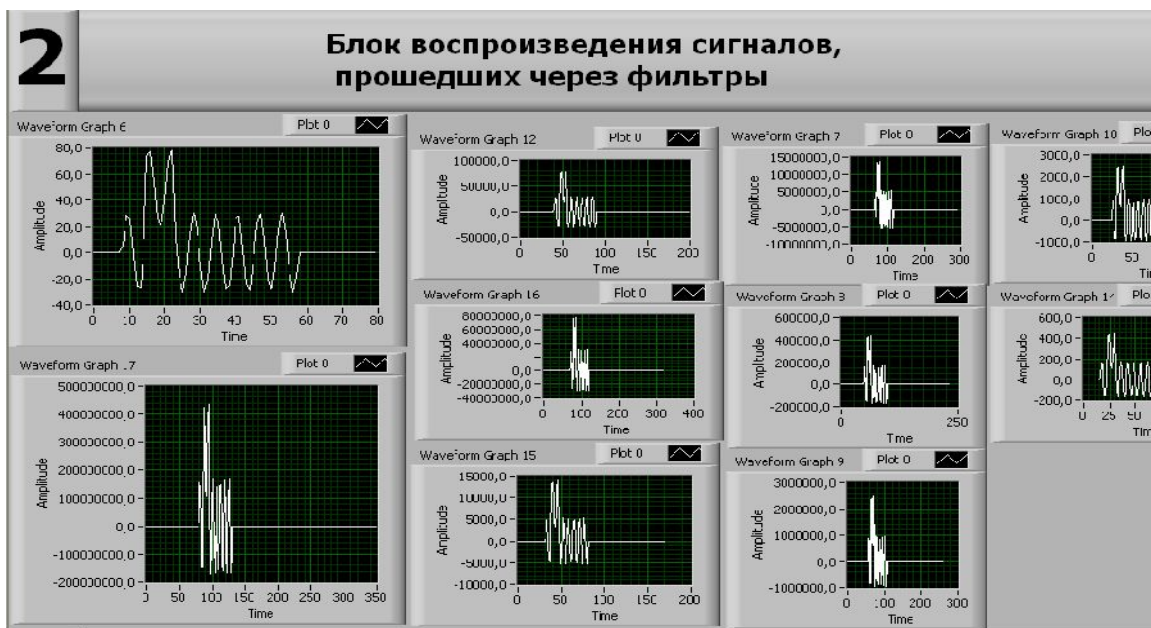


Рис. 3 Сигналы, прошедшие через фильтры

Разработанные в программных средах типа LabVIEW алгоритмы представляют собой новый инструментарий и могут встраиваться в современные радиоэлектронные устройства.

Библиографический список

1. Сигов А.С, В.И. Нефедов, В.К. Битюков и др. Метрология и электро-радиоизмерения в телекоммуникационных системах / под редакцией д-ра техн. наук, профессора В.И. Нефедова.. – М.: Высшая школа. 2005 - 105 с.

УДК: 537.871

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ И МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ВИБРАТОРНЫХ АНТЕНН

*Богачев Н.Н., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
Богданкевич И.Л., к.ф.-м.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,
Минаев И.М., д.т.н., профессор, Институт общей физики
имени А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия*

В последнее время активно ведутся работы по разработке и исследованию антенн с электрически управляемыми параметрами и в частности плазменных антенн [1-3]. Особенное внимание уделяется плазменному несимметричному вибратору (ПНВ) с $l=\lambda/4$ [2,3]. Схема плазменного вибратора представлена на рис. 1 [1].

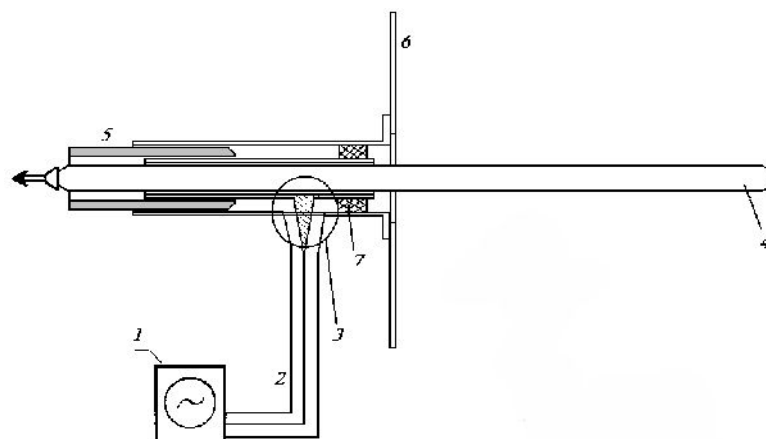


Рис. 1 Плазменный несимметричный вибратор. Схема экспериментальной установки. 1 - ВЧ-генератор; 2 - коаксиальный кабель; 3 - коаксиальный тройник; 4 - газоразрядная трубка ($d=1...2$ см); 5 – коаксиальный фидер; 6 - диск в качестве экрана; 7 - центрирующая шайба из фторопласта.

Актуальным является вопрос о сравнении плазменной антенны с металлической. В условиях ограниченного финансирования не всегда возможно провести сравнительное измерение необходимых характеристик. Также отсутствуют достаточно точные аналитические методы расчета, так как в данном случае плазменная антенна с диаметром $d=1...2$ см и аналогичная ей металлическая слабо соответствуют формулам для идеально тонкого вибратора.

Для моделирования, как и в [2], использовался электродинамический код «КАРАТ» [4], в котором была создана модель ПНВ (рис.2). Плазма задавалась как среда описываемая теорией Друде (т.е. линейная модель). Для металлической антенны использовалась аналогичная схема, где стеклянная трубка заменялась на металлический стержень.

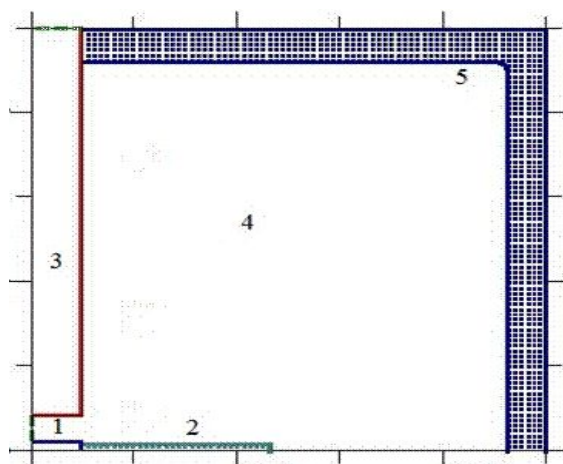


Рис. 2 1 – коаксиальный кабель, 2 – диэлектрическая стеклянная трубка ($\epsilon=4$) с плазмой (или металлический стержень), 3 – металлический экран, 4 – счетная область, 5 – поглотитель.

В начале, было проведено моделирование металлического несимметричного вибратора (МНВ) ($l=17$ см, и $r=0,5, 1$ и $9,5$ см), расчет излучаемой им мощности, и сравнение её с мощностью идеально тонкого вибратора, рассчитанной по формуле (1) [5]:

$$P = \frac{I^2 R}{2}, \quad (1)$$

где $I = \frac{I_0}{\sin kl}$ – распределение тока по вибратору, R – сопротивление излучения вибратора.

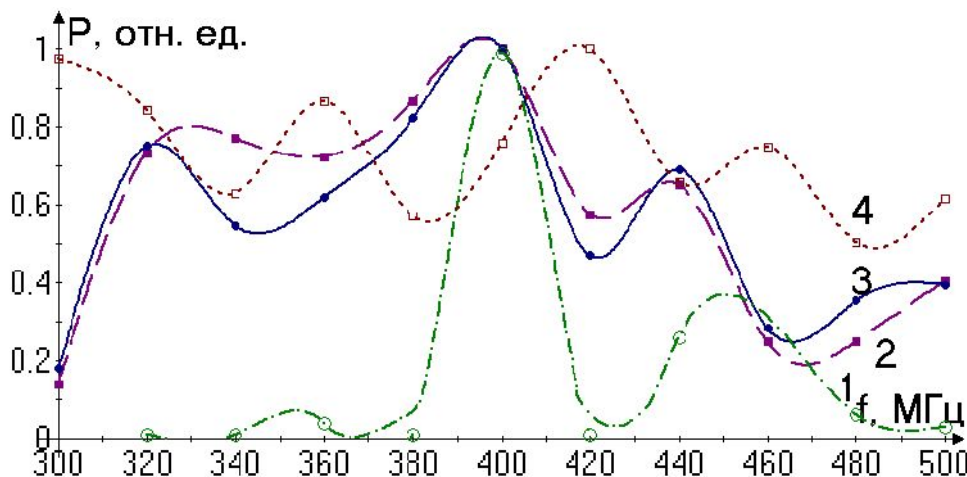


Рис. 3 Графики зависимости излучаемой мощности P от частоты для МНВ. 1 – теоретическая кривая, рассчитанная по формуле (1), 2 – график для модели антенны в коде «КАРАТ» с $r = 1$ см, 3 – $r = 0,5$ см, 4 – $r = 9,5$ см.

Из рис. 3 хорошо видно сходство графиков для антенн с $r=0,5$ и 1 см и теоретически рассчитанной кривой, отличия же объясняются тем, что сопротивление R и распределение тока I , входящие в формулу (1), являются приближительными [5]. График для МНВ с $r=9,5$ см показывает его широкодиапазонность, т.е. слабую зависимость излучаемой мощности P от частоты f , что объясняется снижением волнового сопротивления вибратора на резонансной частоте.

Так же был проведен сравнительный расчет диаграммы направленности МНВ $r=0,5$ см в коде «КАРАТ» и в программе MMANA. Результаты представлены на рис. 4. По диаграммам направленности на рис. 4, видно качественное совпадение с незначительными (меньше 5%) различиями по величине. Приведенные выше результаты позволяют заключить, о корректности результатов, полученных в электродинамическом коде «КАРАТ» при моделировании, как МНВ, так ПНВ.

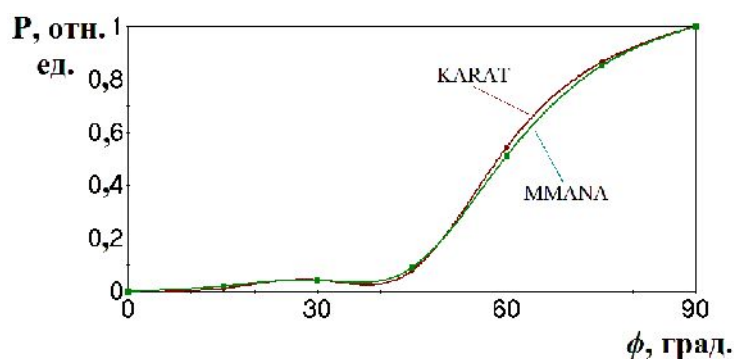


Рис. 4 Диаграммы направленности металлической антенны в коде «KARAT» и в программе «MMANA».

Исходя из того, что основным варьируемым параметром в плазменной антенне является плотность плазмы, был проведен расчет зависимости излучаемой мощности P от плотности плазмы n_e (см. рисунок 5). Расчет проводился для следующих параметров: $l=17$ см, $r=1$ см, $f=400$ МГц. Из графика видно, что при $10^{11} < n_e < 10^{12}$ см⁻³ мощность P нелинейно растет; при $n_e \geq 10^{12}$ см⁻³ P выходит на свой максимум.

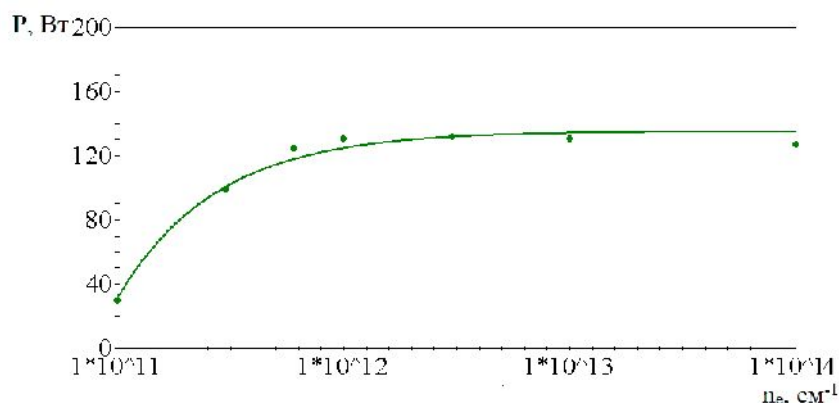


Рис. 5 График зависимости излучаемой мощности P ПНВ от плотности плазмы n_e .

В ходе исследований был проведен расчет диаграмм направленности (ДН) для металлической и плазменной ($n_e=3 \cdot 10^{12}$ см⁻³) вибраторных антенн $l=17$ см, $r=1$ см на сфере с радиусом $\rho=270$ см (длина волны $\lambda \approx 75$ см). Результаты расчета ДН приведены на рисунке 6.

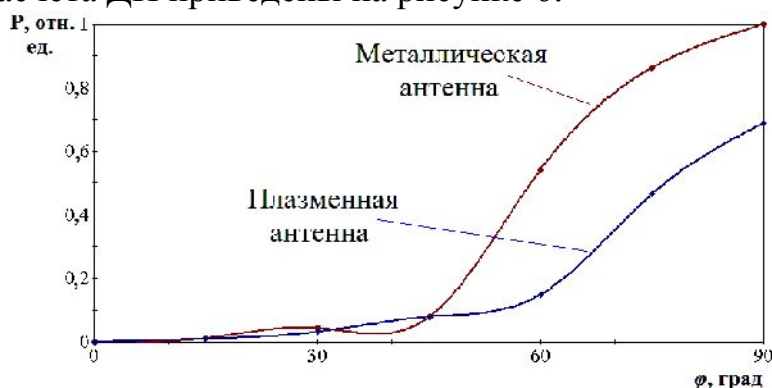


Рис. 6 Диаграммы направленности металлической и плазменной антенн в коде «KARAT».

В завершении был проведен расчет излучаемой мощности P ПНВ ($l=17$ см, $r=0,5$ см) для различных плотностей плазмы. По результатам расчетов построены графики, приведенные на рис. 7.

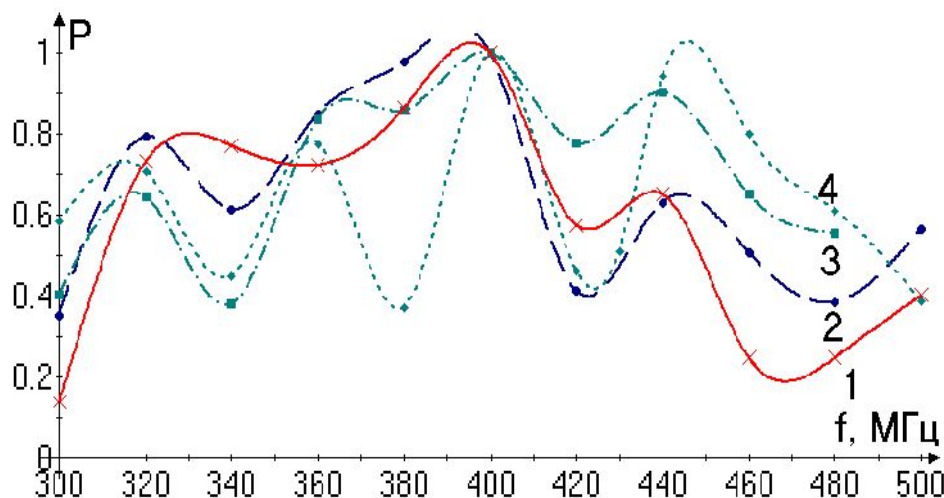


Рис. 7 Графики зависимости излучаемой мощности P от частоты для МНВ и ПНВ $r=0,5$ см. 1 – МНВ, 2 – ПНВ с $n_e=6 \cdot 10^{13}$ см⁻³, 3 – $n_e=1 \cdot 10^{12}$ см⁻³, 4 – $n_e=9 \cdot 10^{11}$ см⁻³.

Из графиков на рис.7 видно, что: при плотности плазмы $n_e=6 \cdot 10^{13}$ ПНВ близок по частотным свойствам к МНВ; при плотности плазмы $n_e=1 \cdot 10^{12}$ см⁻³ резонанс расширяется в сторону более высоких частот; при плотности плазмы $n_e=9 \cdot 10^{11}$ см⁻³ существует четыре узких резонанса на частотах 310, 360, 400, 450 МГц. Таким образом при изменении плотности плазмы (которая зависит от тока протекающего через антенну) можно изменять частотные свойства ПНВ.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 8392 от 24 августа 2012 г. «Образование структур и стохастизация в плазме».

Библиографический список

1. Plasmas as antennas: Theory, experiment and application / G. G. Borg, J. H. Harris, N. M. Martin, D. Thorncraft, R. Milliken, D.G. Mitjak, B. Kwan, J. Kircher // Physics of Plasmas, -2000, V- 7, P- 2198.
2. Плазменный несимметричный вибратор с возбуждением поверхностной волной/ Е.Н. Истомин, Д.М. Карфидов, И.М. Минаев, А.А. Рухадзе, В.П. Тараканов, К.Ф. Сергейчев, А.Ю. Трефилов// Физика плазмы - 2006, Т. 32, №5 - С.423-435.
3. Плазменные приемные вибраторные антенны / Н.Г. Гусейн-заде, И.М. Минаев, К.З. Рухадзе// Физика плазмы, 2010, Т. 36, с. 972–974.
4. V.P. Tarakanov User's Manual for Code KARAT / Springfield – 1992. VA.
5. Войтович Н.И., Соколов А.Н. Вибраторные антенны. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001. - 76 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГИЛЬБЕРТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФАЗОВОЙ ПРОБЛЕМЫ

Киселев Г.Л., д.т.н., профессор, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия,

Башкатов И.П., к.т.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Проблема восстановления фазовой характеристики сигнала по распределению его интенсивности возникает во многих разделах физики и ее приложениях, и называется фазовой задачей или проблемой.

В рентгеноструктурном анализе, например [2], может быть определен только абсолютный квадрат амплитуды рассеяния, тогда как знание фазы необходимо для определения свойств рассеивающих объектов.

Спектральная плотность мощности является одной из важнейших характеристик при изучении распространения волн различной природы, в частности, сейсмических волн [3].

Особенно остро стоит задача определения фазы в оптике [1,4], где измерение фазовых распределений возможно лишь интерференционными методами, а чаще всего доступно для измерения распределение интенсивности.

Предложены различные алгоритмы решения фазовой проблемы, среди которых, в частности, в ранних работах [1-4], рассматривается преобразование Гильберта с использованием дополнительных наборов данных.

В данной работе для решения фазовой проблемы дополнительные наборы данных не используются.

Рассмотрим комплексную частотную характеристику сигнала $X(\omega)$,

$$X(\omega) = \operatorname{Re}(X(\omega)) + i \operatorname{Im}(X(\omega)),$$

$$|X(\omega)| = \sqrt{\operatorname{Re}^2(X(\omega)) + \operatorname{Im}^2(X(\omega))}, \quad \varphi(\omega) = \operatorname{tg}^{-1} \left[\frac{\operatorname{Im}(X(\omega))}{\operatorname{Re}(X(\omega))} \right]$$

Преобразование Гильберта устанавливает связь между действительной и мнимой частью комплексного сигнала

$$\operatorname{Im}(X(\omega)) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\operatorname{Re}(X(\Omega))}{\pi(\Omega - \omega)} d\Omega \quad \text{при } \Omega \neq \omega.$$

Пусть $X(\omega)$ периодический сигнал, заданный дискретно равномерно в K – точках. Тогда дискретное преобразование Гильберта можно выразить

$$\operatorname{Im}(X(\omega)) = \sum_{k=1}^K \frac{[\operatorname{Re}(X(\Omega)) - \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \operatorname{Re}(X(\Omega))] \|W\|}{\pi(\Omega - \varpi + \|Q\|)},$$

где $\|W\|$ - квадратная матрица, такая, что $w_{j \neq k} = 1$ и $w_{j=k} = 0$; $\|Q\|$ - квадратная матрица, такая, что $q_{j \neq k} = 0$ и $w_{j=k} = 0.01$.

Фазовую проблему сформулируем следующим образом: дана функция $|X(\omega)|$, найти $\text{Im}(X(\omega))$.

Первый алгоритм: Решение будем искать численно дискретным преобразованием Гильберта путем итераций. В качестве начального приближения, примем, что $\text{Re}_1(X(\omega)) = |X(\omega)|$. Для следующего приближения $\text{Re}_2(X(\omega)) = |X(\omega)| \cos(\varphi_1(\omega))$. Для последующих итераций $\text{Re}_m(X(\omega)) = |X(\omega)| \cos(\varphi_{m-1}(\omega))$.

Второй алгоритм: Решение будем искать численно дискретным преобразованием Гильберта логарифмического спектра

$$\varphi(\omega) = \sum_{k=1}^K \frac{[\ln|X(\Omega)| - \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \ln|X(\Omega_j)|] \|W\|}{\pi(\Omega - \varpi + \|Q\|)},$$

Тогда

$$\text{Im}(X(\omega)) = \sum_{k=1}^K \frac{[|X(\omega)| \cos(\varphi(\omega)) - \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J |X(\omega_j)| \cos(\varphi(\omega_j))] \|W\|}{\pi(\Omega - \varpi + \|Q\|)}$$

Пример расчета: исходная характеристика – коэффициент отражения многослойного оптического покрытия (Рис.1)

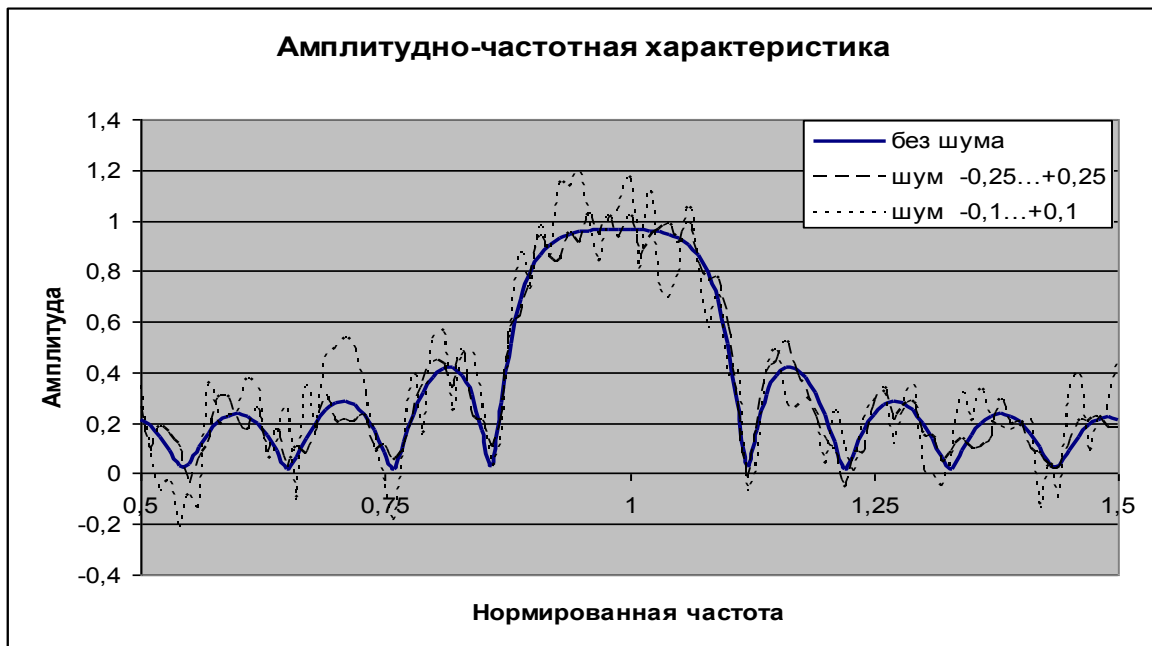


Рис. 1 Амплитудно-частотная характеристика 9-ти слойного оптического покрытия. Шум моделировался с помощью генератора случайных чисел с равномерным распределением

Результаты восстановления $\text{Im}(X(\omega))$ приведены на рис. 2-4



Рис. 2 $\text{Im}(X(\omega))$ в отсутствии шума. Число итераций -10

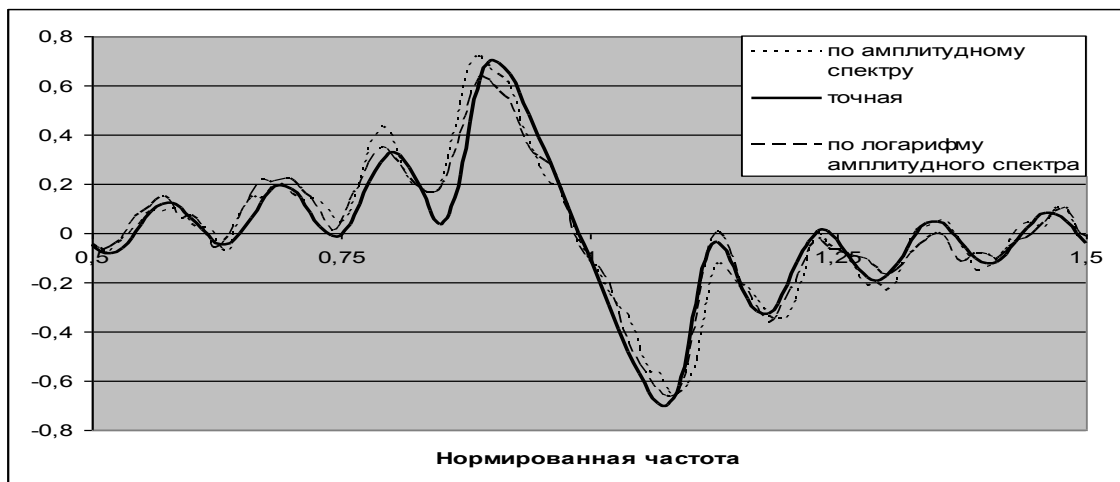


Рис. 3 $\text{Im}(X(\omega))$ при наличии шума в диапазоне ± 0.1 . Число итераций -10

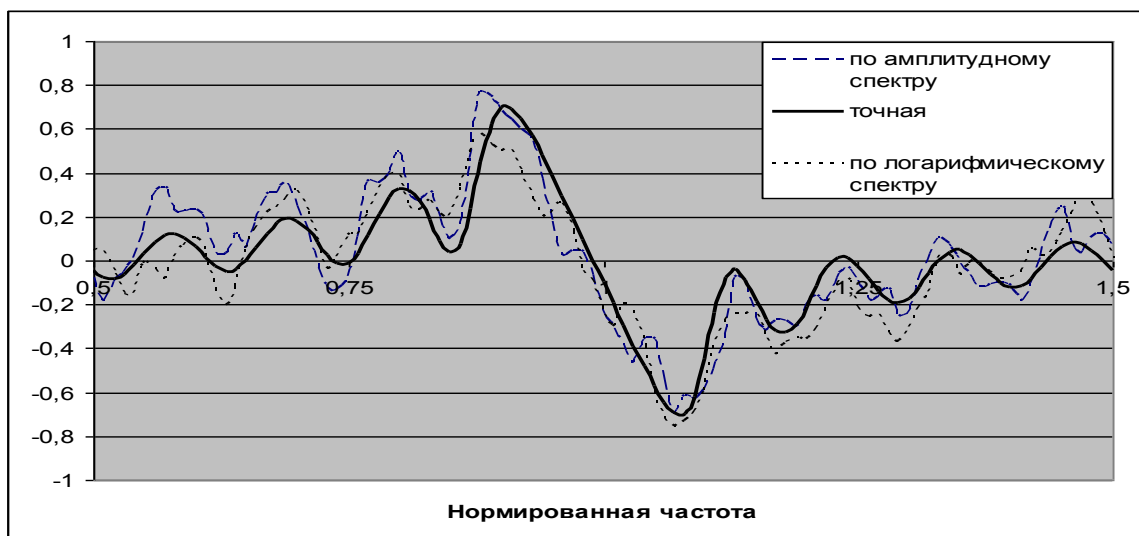


Рис. 4 $\text{Im}(X(\omega))$ при наличии шума в диапазоне ± 0.25 . Число итераций -10

Анализ результатов. При итерационных методах вычислений наибольший интерес вызывает скорость сходимости и остаточная погрешность совпадения результатов вычислений с точным решением.

Остаточную погрешность совпадения результатов вычислений с точным решением будем оценивать с помощью квадрата коэффициента корреляции Пирсона:

$$r^2 = \frac{[\sum (x - x_{\text{СРЕД}})(y - y_{\text{СРЕД}})]^2}{\sum (x - x_{\text{СРЕД}})^2 \sum (y - y_{\text{СРЕД}})^2}$$

Результаты оценки сведены в таблицу:

Данные	Коэффициент корреляции по алгоритму 1	Коэффициент корреляции по алгоритму 2
с Рис.2	0.954878	0.999034
с Рис.3	0.912365	0.948543
с Рис.4	0.852693	0.879362

Сравнение результатов оценки погрешности совпадения результатов вычислений с точным решением, показывает преимущества второго подхода – без итерационного восстановления информации о фазовом распределении по данным о логарифмическом спектре исходного сигнала.

Полученные результаты могут быть использованы для решения обратных задач радиофизики – восстановления структуры объектов по данным о рассеяние волн различной природы.

Библиографический список

1. Кузнецова Т И "О фазовой проблеме в оптике" УФН 154 677–690 (1988)
3. Жданов Г.С., Илюшин А.С., Никитина С.В. Дифракционный и резонансный структурный анализ (рентгено-, электроно-, мессбауэрография и мессбауэровская спектроскопия) – Наука, 1980
4. Сильвия М.Т., Робинсон Э.А. Обратная фильтрация геофизических временных рядов при разведке на нефть и газ. – Недра, 1983
5. Вахрушева М.В. Решение фазовой проблемы. Диссертация на соискание к.ф-м.н., 2003.

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ НА ТЕРМОЯДЕРНОЙ УСТАНОВКЕ СТЕЛЛАТОР Л-2М

¹Малахов Д.В., ¹Скворцова Н.Н., ¹Борзосеков В.Д., ¹Алексютина Е.Н.,
¹Чернов Н.А., ²Горшенин А.К.

1) Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

2) Институт проблем информатики РАН, Москва, Россия

Нарастающие объемы информации, получаемой на термоядерной установке стеллараторе Л-2М, остро ставят вопрос автоматизации процесса первичной обработки данных и систематизации получаемых результатов. За время существования установки накоплен большой опыт в области обработки и анализа сигналов с различных плазменных диагностик. Распределенная база данных установки включает более 10 тысяч разрядов. Основной задачей данной работы являлась разработка алгоритма поиска и обнаружения новой достоверной информации о взаимосвязях макропараметров плазмы с микропараметрами турбулентности на стеллараторе Л-2М. Данный алгоритм позволил объединить отбор ансамбля разрядов по определенным макропараметрам с разработанным программным обеспечением для оценки устойчивых (робастных) спектральных характеристик флуктуаций, для дальнейшей физической интерпретации.

Доклад посвящен результатам оценки таких устойчивых характеристик коротковолновых и длинноволновых флуктуаций плотности плазмы в стеллараторе Л-2М. Значительный объем экспериментальных данных, полученных о флуктуациях, позволяет провести сравнение микропараметров турбулентности и макропараметров плазмы, необходимых для исследования процесса удержания плазмы в такой тороидальной установке.

Для многопараметрического комплексного анализа использовались отсортированные данные (временные выборки амплитуд флуктуаций) с диагностик обратного рассеяния и рассеяния на второй гармонике гиротрона, малоуглового рассеяния и диагностики Доплеровской рефлектометрии [1-5]. В качестве базового параметра сортировки использовались таблицы макропараметров плазмы (плотность плазмы, энергосодержание, мощность электронно-циклотронного нагрева). Сортировка и группировка импульсов производилась в автоматическом режиме таким образом, чтобы соблюдалось условие стационарности интересующего облака макропараметров плазмы (с допустимыми ошибками). Отсортированные данные обрабатывались по ранее отлаженным и запатентованным алгоритмам спектрального анализа флуктуаций [6]. Результатом обработки являлись устойчивые (робастные) по ансамблю разрядов спектральные характеристики (с оценкой ошибок).

На рис. 1 приведены усредненные спектры флуктуаций в стационарной фазе трех разрядов в последовательных временных окнах 52-54 мс (1), 54-56 мс (2), 56-58 мс (3), 58-60 мс (4). Режимы разрядов 15958-15960 одинаковы: мощность СВЧ нагрева – 250 кВт, средняя плотность $1.8-1.9 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Отметим, что разница между полуширинами и интенсивностями спектров в соответствующих окнах составила 10-20%. В таблице 1 представлены усредненные значения интенсивностей длинноволновых флуктуаций при различных значениях поперечного магнитного поля и при одинаковой вводной СВЧ мощности электронно-циклотронного нагрева плазмы. Данные значения указывают на увеличение уровня длинноволновых флуктуаций с ростом поперечного поля при одновременном сохранении энергетического времени жизни.

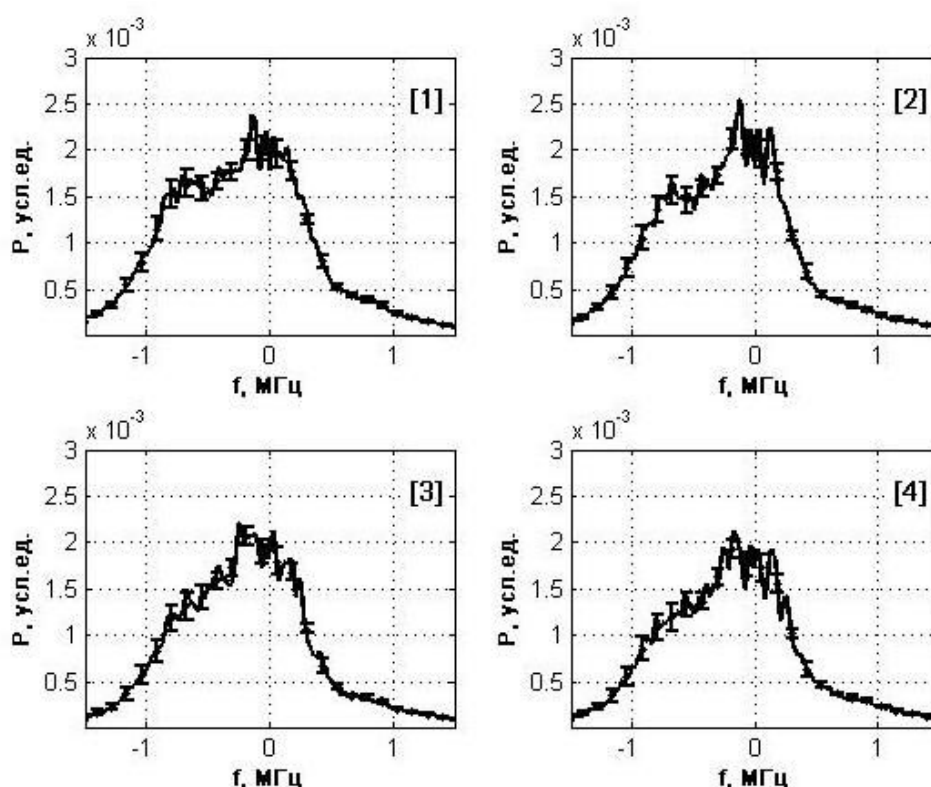


Рис. 1 Усредненные полные комплексные спектры флуктуаций в стационарной фазе трех разрядов в последовательных временных окнах 52-54 мс (1), 54-56 мс (2), 56-58 мс (3), 58-60 мс (4). Сигналы получены с диагностики Доплеровской рефлектометрии.

Таблица 1. Интенсивность длинноволновых флуктуаций в зависимости от величины поперечного магнитного поля B_v

Режим удержания	Поперечное поле $B_v = 0 \text{ Гс}$, $P=200 \text{ кВт}$	Поперечное поле $B_v = -20 \text{ Гс}$, $P=200 \text{ кВт}$
Интенсивность флуктуаций	$5,3 \pm 0,8$	$7,0 \pm 1,2$

Энергетическое время жизни, мс	$2,6 \pm 0,3$	$2,6 \pm 0,1$
Число разрядов	<u>7 разрядов</u>	<u>19 разрядов</u>

Полученные данные об энергии плазменных флуктуаций и форме устойчивых спектров позволили провести сравнение двух микропараметров турбулентности со временем удержания плазмы в стеллараторе Л-2М. Отметим, что время удержания является важнейшим макропараметром установки. В результате проведенного анализа было показано, что в стеллараторе Л-2М робастные Фурье-спектры и энергия длинноволновых флуктуаций не коррелирует со временем удержания плазмы при изменении мощности ЭЦ-нагрева [2].

Устойчивые спектры диагностики Доплеровской рефлектометрии позволили определить требуемые параметры для оптимизации диагностики, а также послужили основой для выработки нового метода вероятностного анализа [7]. Анализ эволюции робастных спектров сигналов диагностик рассеяния излучения гиротрона выявил существование спектральных полос на всех измеренных пространственных масштабах [1,5].

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, грант Президента Российской Федерации МК-5607.2013.2 и гранта РФФИ, проект №12-07-31267.

Библиографический список

1. Skvortsova N.N., Akulina D. K., Batanov G.M. et al. Pl.Phys. Cont. Fusion 52(2010) 055008.
2. Г.М. Батанов, В.Д. Борзосеков, Л.В. Колик, Д.В. Малахов и др. ВАНТ, 2011, 2, 70-75.
3. Чернов Н.А., Пшеничников А.А., Малахов Д.В., Скворцова Н.Н. XXXIX Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС. 2012. С. М68.
4. Малахов Д.В., Борзосеков В.Д., Васильков Д.Г. XL Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС. 2013. С.36.
5. Г.М. Батанов, В.Д. Борзосеков, Л.М. Коврижных, и др. Физика плазмы, 2013, в печати.
6. А.К. Горшенин, В.Ю. Королев, Д.В. Малахов, Н.Н. Скворцова. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ 2012. № 2012610645, 2012610646, 2012610923, 2011618892.
7. Горшенин А.К., Королев В.Ю., Малахов Д.В., Скворцова Н.Н. Математическое моделирование, 2011. Т. 23. № 4. С. 83–89.

ЭФФЕКТИВНЫЕ АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

Самохин А.Б., д.ф.-м.н. зав. кафедрой, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия
Самохина А.С., д.т.н., вед. науч. Сотрудник, ИПУ РАН, Москва, Россия

Мы рассматриваем объемные интегральные уравнения в ограниченной области Q . Многие важные классы задач математической физики описываются интегральными уравнениями такого типа.

Используя методы дискретизации, мы сводим интегральные уравнения к системе линейных алгебраических уравнений, матрица которой имеет специальные свойства симметрии. Умножение матрицы на вектор является наиболее трудоемкой операцией при использовании итерационных методов для численного решения. Применяя быстрое преобразование Фурье, мы конструируем быстрый алгоритм умножения.

Интегральные уравнения.

Рассмотрим следующий класс задач электродинамики. Пусть в конечной области Q среда характеризуется тензором диэлектрической проницаемости $\hat{\varepsilon}$ (матрица размерности 3×3), причем компоненты этого тензора являются переменными функциями координат. Вне области Q параметры среды постоянны и изотропны, т.е. $\varepsilon = \varepsilon_0 = \text{const}$, и везде $\mu = \mu_0 = \text{const}$. Требуется определить электромагнитное поле, возбуждаемое в данной среде внешним полем с временной зависимостью в виде множителя $\exp(-i\omega t)$. Объемное сингулярное интегральное уравнение, описывающее данный класс задач, имеет вид [1]:

$$\vec{E}(x) + \frac{1}{3}(\hat{\varepsilon}_r(x) - \hat{I})\vec{E}(x) - p.v. \int_Q ((\hat{\varepsilon}_r(y) - \hat{I})\vec{E}(y), \text{grad}) \text{grad} G(R) dy - k_0^2 \int_Q (\hat{\varepsilon}_r(y) - \hat{I})\vec{E}(y) G(R) dy = \vec{E}^0(x), \quad x \in Q, \quad \text{где} \quad (1)$$

$$G(R) = \frac{\exp(ik_0 R)}{4\pi R}, \quad R = |x - y| \quad (2)$$

В уравнении (1) $\vec{E}^0$ - заданное внешнее электрическое поле, $k_0 = \omega \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$, причем согласно физическому смыслу задачи, $\text{Im} \varepsilon_0 \geq 0$, $\text{Im} \mu_0 \geq 0$, $\text{Im} k_0 \geq 0$. Символ $p.v.$ обозначает сингулярный интеграл, т.е. интеграл за вычетом бесконечно малого шара в окрестности точек $x=y$, символ $(*,*)$ обозначает скалярное произведение векторов, а $\hat{\varepsilon}_r = \hat{\varepsilon} / \varepsilon_0$ - от-

носительная диэлектрическая проницаемость.

Критерии эффективности алгоритмов.

Для численного решения интегральное уравнение должно быть сведено, с помощью методов дискретизации, к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). При этом получившаяся система должна аппроксимировать решение исходной задачи с заданной точностью. Для трехмерных задач, размерность СЛАУ, как правило, очень велика, $N \gg 1000$. При этом существенная особенность численного решения интегральных уравнений заключается в том, что получившаяся матрица СЛАУ является полностью заполненной, т.е. все элементы матрицы ненулевые. Ясно, что для численного решения интегральных уравнений использование прямых методов практически невозможно, поскольку необходимо выполнить $\approx N^3$ арифметических операций, а также хранить в памяти компьютера матрицу СЛАУ, состоящую из N^2 чисел. Таким образом, мы можем использовать только итерационные методы.

Главными критериями эффективности любого численного алгоритма являются: число арифметических операций T , которое требуется выполнить для получения решения исходной задачи с заданной точностью; объем требуемой памяти M для реализации алгоритма.

Умножение матрицы СЛАУ на вектор является наиболее трудоемкой операцией в итерационных методах. Поэтому количество таких умножений в процессе реализации алгоритма будем называть *числом итераций*. Тогда величину T можно оценить формулой:

$$T \approx L(T_A + T_0) + T_M \quad (3)$$

Здесь L – число итераций; T_A – число арифметических операций, которое необходимо для умножения матрицы на вектор; T_0 – число арифметических операций для других вычислений в процессе выполнения итерации; T_M – число операций необходимое для формирования матрицы СЛАУ при дискретизации интегрального уравнения. Как правило, $T_0 \ll T_A$ и $T_M \ll LT_A$.

Объем памяти, который требуется для реализации итерационного алгоритма, оценивается формулой:

$$M \approx M_A + M_{ITER} \quad (4)$$

Здесь M_A – объем памяти, необходимый для хранения матрицы СЛАУ, а M_{ITER} – объем памяти, необходимый для осуществления итерационной процедуры.

Величины T_A , T_M и M_A зависят только от способа дискретизации интегрального уравнения, а величины L , T_0 и M_{ITER} зависят только от используемого итерационного алгоритма.

Значения $T_A = N^2$, $M_A = N^2$ получим в том случае, если все элементы матрицы различные, а в процессе умножения матрицы СЛАУ на вектор не используются какие-либо свойства матрицы, упрощающие процедуру умножения.

Дискретизация интегральных уравнений.

Отметим важное обстоятельство. Ядро интегрального оператора уравнения (1) зависит только от разности декартовых координат точек x и y . Поэтому при дискретизации целесообразно это учитывать с целью получения матрицы СЛАУ, которая будет обладать соответствующими свойствами симметрии. Для дискретизации можно использовать метод Галеркина или метод коллокации. Ниже, как более наглядный, будем использовать метод коллокации. Для этого в прямоугольной декартовой системе координат введем конечное множество точек - сетку так, чтобы область Q целиком находилась в прямоугольном параллелепипеде Π со сторонами $N_l h_l$, $l=1,2,3$, где h_l - шаги сетки по декартовым координатам. При этом параллелепипед Π разбивается данной сеткой на ячейки (элементарные параллелепипеды)

$\Pi(p)$, $p = (p_1, p_2, p_3)$, $p_l = 0, \dots, N_l - 1$. Мы определяем область $\tilde{Q}$ как объединение N_Q ячеек, центры которых лежат внутри области Q . Очевидно, что $N_Q \leq N_1 N_2 N_3$. Тогда выбор сетки определяется формой области Q и требованиями, чтобы искомое решение, внешнее поле и параметры среды слабо изменялись внутри ячеек. Узловые точки, в которых определяются значения искомых функций, будем задавать в центрах ячеек, что обеспечивает хорошую аппроксимацию функций.

Тогда рассматриваемые интегральные уравнения аппроксимируются СЛАУ $\sim N_Q$ относительно значений неизвестного поля $u(p)$ в узловых точках области Q :

$$u(p) - \sum_{y(q) \in Q} B(p-q)v(q)u(q) = u_0(p), \quad x(p) \in Q \quad (5)$$

Быстрые алгоритмы.

Матрица системы линейных уравнений (5) имеет форму блочно Теплицевой матрицы [2]. Тогда, используя расширенную сетку и алгоритмы быстрого дискретного преобразования Фурье можно построить эффективный алгоритм умножения матрицы СЛАУ на вектор [3] с числом арифме-

тических операций, которое оценивается формулой:

$$T_A \sim 9 N_1 N_2 N_3 (\text{LOG}(N_1) + 2\text{LOG}(N_2) + 4\text{LOG}(N_3)) \quad (6)$$

Общее количество комплексных чисел, которое надлежит одновременно хранить в памяти компьютера, определяется формулой:

$$M_A = 6(N_1 + 1)(N_2 + 1)(N_3 + 1) + 6 N_1 N_2 N_3 + 12 N_2 N_3 \quad (7)$$

В (6) $\text{LOG}(N)$ - целочисленный логарифм, который определяется как сумма всех простых делителей числа N . Так, например, $\text{LOG}(10^6) = 42$.

Заключение

В работе изложен эффективный метод дискретизации объемных интегральных уравнений электродинамики. С использованием быстрого дискретного преобразования Фурье построен «быстрый» алгоритм умножения матрицы системы линейных уравнений на вектор. Требуемый объем памяти и число арифметических операций для реализации алгоритмов имеют практически линейную зависимость от размерности матрицы.

Библиографический список

1. Самохин А.Б. Интегральные уравнения и итерационные методы в электромагнитном рассеянии. – М.: Радио и связь, 1998.
2. Воеводин В.В., Тыртышников Е.Е. Вычислительные процессы с теплицевыми матрицами. – М.: Наука, 1987.
3. Самохин А.Б., Самохина А.С. Эффективные алгоритмы для моделирования трехмерных задач рассеяния на прозрачных структурах // Электромагнитные волны и электронные системы, №9. т.17, 2012, с. 28-36.

УДК: 512.6:519.64:537.874

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАССЕЯНИЯ МЕТОДОМ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОСТОЙ ИТЕРАЦИИ

Сотникова Н.Ю., аспирант, МГТУ МИРЭА, Россия, Москва

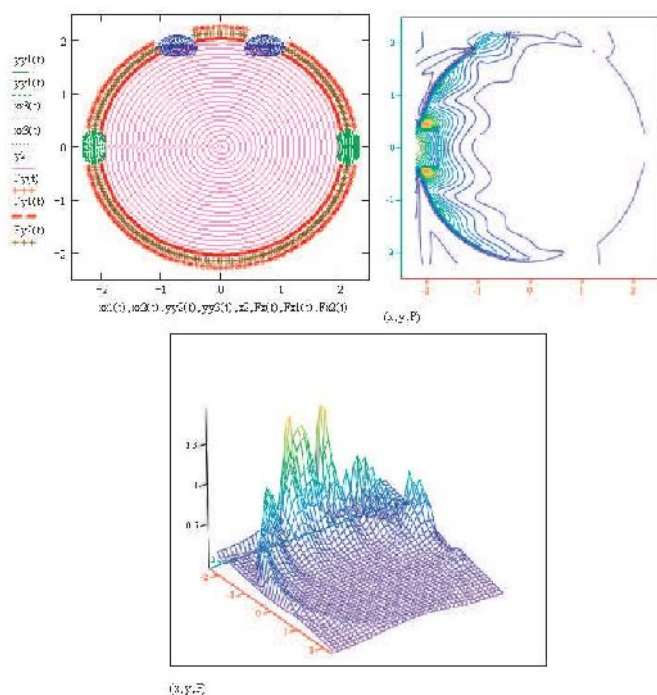
Задачи численного решения двумерного и трехмерного рассеяния и поглощения стационарных электромагнитных волн рэлеевского и резонансного

нансного диапазонов на локально-неоднородном диэлектрическом теле определяют одно из важных направлений исследований современной вычислительной электродинамики. Такое электромагнитное рассеяние описывает в общем случае интегральный оператор (ИО) уравнения второго рода относительно вектора амплитуды электрического поля [1], который проявляет различные свойства в зависимости от размерности задачи и поляризации поля. Так, в двумерном случае Е-поляризации (скалярная задача) ИО является Фредгольмовым, вполне непрерывным (компактным) оператором, который имеет дискретный спектр с единственной возможной точкой накопления собственных чисел. В работе [1] для решения операторного уравнения второго рода рассмотрен стационарный метод оптимальной простой итерации (МОПИ) и явно определен оптимальный параметр МОПИ для практически важных случаев области локализации комплексного спектра ИО.

Наиболее прост для расчетов случай рэлеевского и ближнего резонансного рассеяния (40 – 400 МГц), когда длина волны много больше или просто больше области неоднородности. При этом имеет место быстрая сходимость МОПИ. Пусть μ_1 – наибольшее по модулю комплексное собственное число дискретного спектра. Тогда для рэлеевского рассеяния $|\mu_1| < 1$ и оптимальный параметр (ОП) для сходимости МОПИ $\kappa = \frac{\mu_1}{2}$, а знаменатель сходимости $q = \left| \frac{\kappa}{\kappa - 1} \right| < 1$. В случае ближнего резонансного рассеяния (а также в случае, когда одна координата области неоднородности рэлеевская, а другая резонансная) формула для значения ОП сохраняется, а знаменатель сходимости $q < 1$. При резонансном рассеянии на биологических органах и тканях человека (900 МГц - 3 ГГц) влияние дискретного спектра на сходимость МОПИ становится существенным. Дальше всего вглубь резонансной области удастся продвинуться в скалярном случае. При этом точки дискретного спектра вплотную подходят к точке 1 на комплексной плоскости, что существенно ухудшает сходимость. Матрица СЛАУ при этом близка к сингулярной. Исследования показывают, что известные нестационарные методы вариационного типа в этих условиях теряют сходимость. Тем не менее при использовании МОПИ удастся найти ОП сходимости и решить СЛАУ. Разработаны алгоритмы нахождения центра оптимальной окружности и ОП МОПИ [2].

Проводились численные расчеты поглощения и рассеяния электромагнитной волны Е поляризации на цилиндрической модели головы в срединном сечении с имеющимися неоднородными проводящими включениями в костную оболочку, соответствующие ушам и глазам.

На рис. 1 представлена геометрия и область поглощения плоской волны на цилиндрической модели головы человека при направлении распространения падающей волны вдоль оси Х (со стороны ушей).



$F=1200$ МГц, $d=0.18$ м
 1. $\epsilon=8-1.8i$ - Кость
 2. $\epsilon=64.8-24.7i$ - Спинно-мозговая жидкость
 3. $\epsilon=53.8-21.7i$ - Мозг
 4. $\epsilon=60-27i$ - Глаз
 5. $\epsilon=30.6-7.9i$ - Хрящ
 k - волновой вектор
 $\alpha=0^\circ$ – угол k с осью x
 $K=25$ – число узлов сетки по радиусу
 $N=1875$ – общее число узлов сетки
 $M=500$ – число итераций для достижения точности решения 10^{-3} по полю в области неоднородности

Рис. 1 Геометрия и область поглощения плоской волны на цилиндрической модели головы человека

На рис. 2 – спектральная картина оператора перехода данной задачи. Имеет место случай резонансного рассеяния, ОП $\kappa = -27+80i$ находится по специальным алгоритмам на редкой сетке. Спектр близок к сингулярной точке оператора задачи – точке 1, что определяет низкую скоростью сходимости. Тем не менее, наблюдается значительный выигрыш по сравнению с прямыми и вариационными методами для решения таких задач.

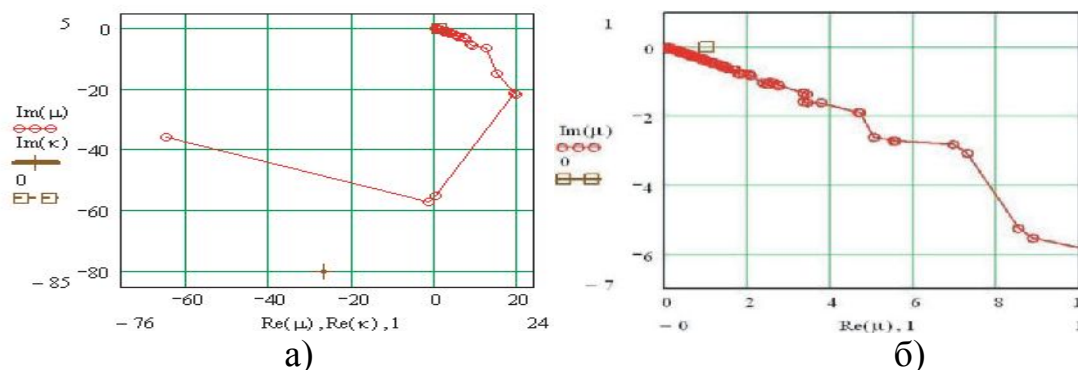


Рис. 2 Спектральная картина оператора перехода: спектр и оптимальный параметр κ (а), спектр, близкий к точке накопления 0 и точке сингулярности (б)

Заключение

Показана возможность численного решения практических задач рассеяния и поглощения электромагнитных волн на неоднородных биологических органах и тканях методом оптимальной простой итерации на основе объемных интегральных уравнений электродинамики. Представлено решение в резонансном диапазоне длин волн, наиболее плохо поддающемся аналитическому исследованию.

Библиографический список

1. Куликов С.П., Самохин А.Б. Численное решение интегрального уравнения электромагнитного рассеяния: от 1D скалярного до 3D векторного случая. М: Электромагнитные волны и электронные системы, Т. 15, №10, с. 32-48, 2010.
2. Куликов С.П., Самохин А.Б., Математические обоснования библиотеки программ для решения СЛАУ методом оптимальной простой итерации. М: Научный вестник МИРЭА, Т. 1(2), с. 71-80, 2007.
3. Самохин А.Б. Объемные интегральные уравнения: методы и алгоритмы. М.: МИРЭА, 2011. – 96 с.
4. Electromagnetics in Magnetic Resonance Imaging. J.M.Jin. IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 40, no. 6, pp. 7-22, 1998.
5. Influence of Head Tissue Conductivity in Forward and Inverse Magnetoencephalographic Simulations Using Realistic Head Models. IEEE Trans. on Biomed. Eng., vol. 51, no. 12, pp. 2129-2137, 2004.
6. Самохин А.Б. Интегральные уравнения и итерационные методы в электромагнитном рассеянии. М: Радио и связь, 1998. – 160 с.

УДК: 517.958:537.812

ОБ ОПТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧЕ ПРОСВЕТЛЕНИЯ И АЛГОРИТМЕ РЕШЕНИЯ СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ОСЛАБЛЕННОЙ ЗАДАЧИ В СМЫСЛЕ ЧЕБЫШЕВА

*Худак Ю.И., д.т.н., профессор, МГТУ МИРЭА, Россия
Ахмедов И.А.*

1. Работа посвящена математическому моделированию электромагнитных полей в многослойных магнетодиэлектрических системах (МДС) (см., например, [1]).

Однако, многие задачи для таких систем (см., например, [2], [3]) мало изучены, даже при $N = 2, 3$.

Опираясь на [2] - [6], в частности, установлено, что при $N = 2$ пространство параметров (материалов) слоистых систем является плоским графом с 20 вершинами, 66 рёбрами и 48 гранями (см. рис. 1).

Показано, что относительно подходящих вспомогательных переменных всевозможные границы областей ограничения профилирующей функции по заданному уровню $h = \alpha_j^2$, $j = 0, 1, 2, 3$, где α_j , $j = 0, 1, 2, 3$ вычислительные параметры двухслойных МДС, являются гиперболами.

Доказаны утверждения о локализации нулей профилирующих функций двухслойных МДС и областей просветления таких систем.

В [2] анонсирована теорема, описывающая решения классической за-

Наборами чисел $(ijkl)$ отмечены области, для точек которых выполнены упорядочивающие неравенства $a_i^2 < a_j^2 < a_k^2 < a_l^2$ и условие (3). Наборами чисел $\overline{(ijkl)}$ отмечены области, для точек которых выполнены упорядочивающие неравенства, а условие (3) не выполняется. Три жирные линии вырождения $\theta_j = 1$ (на них $a_j^2 = a_0^2$ и $a_i^2 = a_l^2$, $i \neq j$, 0 , $l \neq j$, 0), образуют средний треугольник I', II', III'. Три полужирные линии $\theta_j = \Theta$ (на них $a_j^2 = a_0^2$), образуют большой треугольник I, II, III. Три тонкие линии $\theta_j = \Theta^{1/2}$ (на них $a_j = 0$), образуют малый треугольник 1, 2, 3. Кроме того, нанесены три медианы всех треугольников (на них $a_j^2 = a_k^2$). Условие (3) выполняется в замкнутом малом треугольнике и его замкнутых внешних углах. МДС даёт окно просветления (Ω_1, Ω_2) , если (1) справедливо $\forall \omega \in (\Omega_1, \Omega_2)$, полное просветление возможно на частоте ω_0 , если для ω_0 существуют такие значения p, v , что: $R(\omega_0; p, v) = 0$.

Показано, что в классической задаче просветления в зависимости от p, v , существует счетное множество локальных минимумов $\{\omega_0\}$ для $R_N(\omega)$. В точках $\{\omega_0\}$ — $R_N(\omega_0)$ одно и то же. При "удачном" выборе $p - R_N(\omega_0) = 0$.

Задача просветления в смысле Чебышева ([2]):

Для интервала $[\Omega_1, \Omega_2]$ минимизировать функционал:

$$\max_{\Omega_1 \leq \omega \leq \Omega_2} R_N(\omega; p, v) \xrightarrow[p, v]{} \min.$$

В [3] показано, что задача просветления в смысле Чебышева для $N = 1$ имеет единственный глобальный минимум и, возможно, конечное число, зависящее от величины интервала $[\Omega_1, \Omega_2]$, локальных минимумов.

Будем говорить, что рассматривается ослабленная задача просветления в смысле Чебышева, если минимизация в этой задаче проводится только по вектору переменных v (при фиксированном значении вектора параметров p в пространстве параметров $P_2 = \{p\}$).

Определим порождающие функции (см. [2]), сделав в элементах первого столбца матрицы передачи МДС подстановку:

$$t_1 = v_1 \cdot \omega, \dots, t_N = v_N \cdot \omega \quad (2)$$

Показано, что в задачах просветления и синтеза по априори задаваемым энергетическим характеристикам МДС можно иметь дело только со второй из этих двух функций, которую будем называть профилирующей и обозна-

чать $F(t)$, $t = (t_1, \dots, t_N)$. Согласно определению эта функция имеет период $\pi \forall t_j, j = 1, \dots, N$, а основной N -мерный куб её периодов будем обозначать T_0^N .

Будем говорить, что профилирующая функция при данном p имеет область просветления G_p^j в некотором j -ом её периоде T_j^N , если $\forall t \in G_p^j \subset T_j^N : F(t) < \alpha_0^2$.

С учётом периодичности профилирующая функция $F(t)$ всегда имеет счётное множество областей просветления (если они вообще существуют при данном p).

Для областей просветления, расположенных в одном и том же периоде профилирующей функции, но отвечающих разным значениям параметра p можно сформулировать следующий принцип предпочтения:

Будем говорить, что область просветления G_p лучше области просветления G_{p_0} , если $G_{p_0} \subset G_{p_1}$.

Если G_p какая-либо область просветления, то всякая МДС, получаемая из $F(t)$ по (2) с v так, что пересечение луча (2) с G_p состоит из более чем одной точки, обязательно имеет хотя бы одно окно просветления.

В замкнутой области просветления $\bar{G}_p$ функция $F(t)$ достигает своего минимума, который будет также достигаться и на каждом периоде. Поэтому существует счётное множество (зависящее от $p, v = v(p)$) локальных минимумов $\{\omega_0\} R_N(\omega)$.

3. В пространстве параметров $P_2 = \{p\}$ есть такие линии, что поведение профилирующей функции $F_p(t_1, t_2)$ качественно меняется при "переходе" точки p через эти линии.

Т.к. в приложениях функции $F_p(t_1, t_2)$ имеется характерный параметр: $\Theta = p_3 / p_0$, то в P_2 удобно ввести "показательные" координаты s_1, s_2 :

$$\theta_1 \stackrel{\text{def}}{=} \Theta^{s_1+1/2}, \theta_3 \stackrel{\text{def}}{=} \Theta^{-s_2+1/2}, \text{ а тогда } \theta_2 = \Theta^{s_2-s_1}.$$

Пространство P_2 в координатах s_1, s_2 изображено на рис. 1.

4. В квадрате периодов профилирующей функции T_2 разделённом прямыми $t_1 = \frac{\pi}{2}, t_2 = \frac{\pi}{2}$ на четыре "четверти" $T_{00}, T_{01}, T_{10}, T_{11}$ существуют две замкнутые четырёхугольные области, в которых не существует нулей профилирующей функции $F_p(t_1, t_2)$ ни при каких значениях параметров $s_1, s_2 \in P_2 = \{p\}$. Расположены безнулевые четырёхугольники вдоль глав-

ных диагоналей четвертей T_{10}, T_{01} центральносимметрично друг другу (относительно центра T^2). Граница каждого безнулевого четырёхугольника состоит из двух отрезков границы квадрата T^2 и двух кривых, для которых можно выписать явные параметрические уравнения. Обе кривые исходят из полувершины $\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$, обращены выпуклостью навстречу друг другу и соединяют T^2

5. Условие $\alpha_0 \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 < 0$ (3) является необходимым и достаточным для существования внутренних для четвертей T_{ij} нулей функции $F_p(t_1, t_2)$. Эти нули при изменении параметров s_1, s_2 в областях доминирования I, II, III, O парны и заполняют части треугольников: для I — северо-восточную половину T_{10} и юго-западную T_{01} , для II — юго-западную половину T_{10} и северо-восточную T_{01} , для III — юго-западную половину T_{00} и северо-восточную T_{11} , для O — северо-восточную половину T_{00} и юго-западную T_{11} . Нули $F_p(t_1, t_2)$, отвечающие разным значениям s_1, s_2 , простые и различны (за исключением полувершинных решений). Каждый неполювершинный нуль функции $F_p(t_1, t_2)$ однозначно определяет соответствующие этой функции значения параметров s_1, s_2 .

Библиографический список

1. М, Борн, Э, Вольф Основы оптики, М, "Физматлит 1970г,
2. Ю.И.Худак О задаче просветления в классической постановке, Доклады АН, 2013, т.448, № 5, 1-4.
3. Ю, И, Ху. Ia к О наилучшем однослойном просветляющем покрытии для интервала частот, ЖВМ и МФ, 1990, т.30, №2, 325-327.
4. Ю, И, Худак О представлении коэффициента отражения слоистооднородной магнитоэлектрической системы рядом Фурье, Изв, ВУЗ'ов, Радиофизика, 1985г., т,XXVIII, № 4, 499-506.
5. Ю. И. Худак Об оценке коэффициента отражения системы диэлектрических слоёв, ЖВМ и МФ, 1986, т.26, III, 1105-1110.
6. I. Akhmedov, Yu. Hudak The Anti-reflective Coating for The Normal Incidence of Light, PROGRESS IN ANALYSIS, Proceeding of the 8th Congress of the International Society for Analysis, its Applications, and Computation (ISAAC) (22-27 August 2011), Volume 1, Moskow, Peoples' Friendship University of Russia Publisher, 2012, 128-137.

ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ СВЕРХРАЗРЕШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ СИММЕТРИЗАЦИИ ЗАДАЧИ

Шумов И.Ю., аспирант, МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Постановка двумерной задачи. Пусть сектор обзора угломерной системы представляет собой телесный угол Ω_0 . Используется узкая диаграмма направленности (ДН) $f(x, y)$, где за нулевое принято направление на условный центр Ω_0 , x, y - углы отклонения от нулевого направления в декартовой системе координат. Внутри сектора обзора расположен объект наблюдения с конечными угловыми размерами Ω .

Подлежащее определению двумерное угловое распределение излучаемого источником (или отражённого) сигнала обозначим $I(x, y)$. Тогда на выходе приёмного устройства при сканировании сектора получим зависимость огибающей сигнала в виде $U(x, y)$. Связь величин I , U и ДН выражается в виде линейного интегрального уравнения (ЛИУ) Фредгольма первого рода типа двумерной свёртки [1]:

$$U(x, y) = \int_{\Omega} f(x - x', y - y') I(x', y') dx' dy' \quad (1)$$

Задача состоит в восстановлении углового распределения $I(x, y)$ на основе анализа принятого сигнала $U(x, y)$ и известной ДН системы с максимально возможным угловым разрешением, превышающим критерий Рэлея: $\delta \theta \cong \lambda / d$, что совпадает с шириной ДН $\theta_{0,5}$, где d - размер апертуры, λ - длина волны излучения.

Метод решения. Искомое распределение $I(x, y)$ представляется в виде разложения по конечной системе ортогональных в Ω двумерных функций с неизвестными коэффициентами. Будем использовать только разделимые системы, т.е. системы, которые можно представить в виде произведения одномерных систем $G_{n,m}(x, y) = g_n(x) g_m(y)$.

Представляя искомое распределение $I(x, y)$ в виде разложения по конечной системе из N^2 ортогональных функций:

$$I(x, y) \cong \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N b_{n,m} g_n(x) g_m(y) \quad (1)$$

получим принятый сигнал в виде:

$$U(x, y) \cong \sum_{n,m=1}^N b_{n,m} \varphi_{n,m}(x, y) \quad , \text{ где} \quad (2)$$

$$\varphi_{n,m}(x,y) = \int_{\Omega} f(x-x', y-y') g_n(x') g_m(y') dx' dy' \quad (3)$$

Коэффициенты разложения $b_{n,m}$, обеспечивающие минимальное среднеквадратичное отклонение синтезированного сигнала от принятого найдём, приравняв к нулю продифференцированный по каждому $b_{j,k}$ функционал:

$$\int_{\Omega} (U(x,y) - \sum_{n,m=1}^N b_{n,m} \varphi_{n,m}(x,y))^2 dx dy \quad (4)$$

В итоге, коэффициенты $b_{j,k}$ находятся из системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ):

$$\int_{\Omega} U(x,y) \varphi_{j,k}(x,y) d\alpha = \sum_{n,m=1}^N b_m \int_{\Omega} \varphi_{j,k}(x,y) \varphi_{n,m}(x,y) dx dy \quad j,k = 1,2 \dots N \quad (5)$$

Симметризация задачи. Уменьшение размерности матриц в (5) позволяет увеличить устойчивость решений. Для большинства алгоритмов сверхразрешения это означает уменьшение числа используемых функций в представлении источника и, как следствие, снижение разрешающей способности.

Существует, однако, возможность уменьшить размерность используемых в задаче матриц без снижения разрешения. Для этого предлагается предварительно провести симметризацию обратной задачи. Для одномерных задач этот метод изложен в работе [2]. Его сущность состоит в том, что всегда возможно представить принятый сигнала U и решение I в виде суммы чётной и нечётной частей – U_o, I_o и U_e, I_e :

$$I_o(\alpha) = 1/2(I(\alpha) + I(-\alpha)), \quad I_e(\alpha) = 1/2(I(\alpha) - I(-\alpha)), \quad I(\alpha) = 1/2(I_o(\alpha) + I_e(\alpha)), \quad (6)$$

$$U_o(\alpha) = \int_{\Omega} f(\alpha - \phi) I_o(\phi) d\phi \quad U_e(\alpha) = \int_{\Omega} f(\alpha - \phi) I_e(\phi) d\phi$$

$$U_o(\alpha) = 1/2(U(\alpha) + U(-\alpha)) \quad U_e(\alpha) = 1/2(U(\alpha) - U(-\alpha)) \quad (7)$$

В итоге, в силу линейности, исходная задача поиска $I(\alpha)$ распадается на две. Первая - поиск чётной части $I_o(\alpha)$ по чётной части принятого сигнала на основе выбранной системы чётных функций. Вторая - поиск нечётной части $I_e(\alpha)$ по нечётной части $U_e(\alpha)$ на основе системы нечётных функций. Общее решение задачи - суперпозицией чётного и нечётного решений

$$I(\alpha) = 1/2 (I_o(\alpha) + I_e(\alpha)). \quad (8)$$

Если для каждой из задач удаётся получить устойчивое решение при размерности СЛАУ $N \times N$, т.е. при использовании N функций, то итоговое суммарное решение содержит $2N$ функций. При прямом поиске $I(\alpha)$ в виде суперпозиции $2N$ функций потребовалось бы решать СЛАУ размерностью

$2N \times 2N$, что в рассматриваемых задачах резко, на порядок, снижает устойчивость решения, оцениваемую числом обусловленности.

Таким образом, для одномерных задач симметризация позволяет удвоить разрешение без снижения устойчивости решения.

Для двумерных задач введём понятие двойной чётности – если функция чётна по x и y , то назовём её чётно-чётной, если чётна по x и нечётна по y , назовём её чётно-нечётной и т.д. Представим принятый сигнал U и решение I в виде суммы четырёх составляющих различной чётности вида $U_{0,0}$, $U_{0,e}$, $U_{e,0}$ и $U_{e,e}$.

$$\begin{aligned} U_{0,0}(x,y) &= 1/4(U(x,y) + U(-x,y) + U(x,-y) + U(-x,-y)) \\ U_{e,0}(x,y) &= 1/4(U(x,y) - U(-x,y) + U(x,-y) - U(-x,-y)) \\ U_{0,e}(x,y) &= 1/4(U(x,y) + U(-x,y) - U(x,-y) - U(-x,-y)) \\ U_{e,e}(x,y) &= 1/4(U(x,y) - U(-x,y) - U(x,-y) + U(-x,-y)) \end{aligned} \quad (9)$$

Для представления решения теперь требуется 4 системы функций различной чётности. Например, на основе 4 произведений тригонометрических функций:

$$\cos\left(\frac{2\pi m x}{T_x}\right)\cos\left(\frac{2\pi m y}{T_y}\right), \sin\left(\frac{2\pi m x}{T_x}\right)\cos\left(\frac{2\pi m y}{T_y}\right), \cos\left(\frac{2\pi m x}{T_x}\right)\sin\left(\frac{2\pi m y}{T_y}\right), \sin\left(\frac{2\pi m x}{T_x}\right)\sin\left(\frac{2\pi m y}{T_y}\right) \quad (10)$$

где T_x и T_y – размеры области по углам x и y .

В силу линейности, исходная задача распадается на 4.

Общее решение задачи – суперпозиция решений всех чётностей

$$I(x,y) = 1/4 (I_{e,0}(x,y) + I_{0,e}(x,y) + I_{0,0}(x,y) + I_{e,e}(x,y)). \quad (11)$$

На рис.1 показано решение задачи восстановления изображения источников на основе симметризации задачи. Были заданы 4 источника с плавно-неоднородным распределением интенсивности, максимумы которых различаются в четыре раза. В качестве систем ортогональных функций использовались четыре системы функций (10). Полученное решение (11) позволило разрешить все 4 источника, правильно передать их расположение и характер распределения интенсивности. Амплитудные значения восстановлены с небольшими ошибками - в пределах 7%.

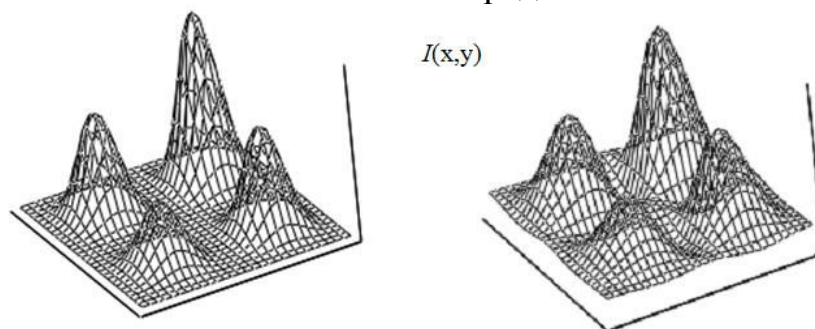


Рис. 1 Восстановление изображения источников на основе симметризации задачи

Слева – истинный источник сигнала; справа – найденное решение;

На рис. 2 приведен принимаемый при сканировании области Ω сигнал, использованный для восстановления изображения источников.

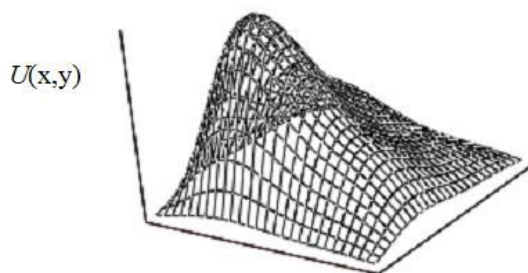


Рис. 2 Принимаемый сигнал, обработка которого позволила восстановить изображения источников, показанных на рис.1.

Заключение

Алгебраические методы обработки принимаемых двумерных сигналов позволяют восстанавливать изображения источников сигналов с относительно небольшими ошибками. Использование предложенных алгебраических методов значительно повышает эффективную угловую разрешающую способность систем и даёт возможность достигнуть сверхразрешения по угловым координатам. Достигнутое разрешение в 4 раза превысило критерий Рэлея при использовании простых алгоритмов и в 5-8 и более раз при использовании более сложных алгоритмов, основанных на симметризации задачи.

Библиографический список

1. Лаговский Б.А., Самохин А.Б. Алгебраические методы восстановления изображения источников радиоизлучения с повышенным угловым разрешением // Электромагнитные волны и электронные системы. 2009. Т.14. № 9. С. 7-18.
2. Лаговский Б.А. Сверхразрешение. Алгебраические методы. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG.

СОДЕРЖАНИЕ

Приветствие ректора МГТУ МИРЭА, академика РАН А.С. Сигова.....	4

СЕКЦИЯ №6: СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

Антонов О.Ю., Бородин А.М., Дружко С.Н., Тартынов И.В. Защита мобильных объектов от террористических угроз с помощью газогенераторов аэрозольных образований	5
Белик Б.В., Сузанский Д.Н., Чернов В.С. Метод оценивания координат подвижного источника радиоизлучения в бортовой РЛС.....	8
Введенский В.Л., Мартьянов В.С. Информативная защищенность объектов при комплексировании разнотипных средств противодействия техническим разведкам	12
Введенский В.Л., Мартьянов В.С. Оценка показателя защиты информации при комплексировании разнотипных технических средств противодействия.....	18
Голованова М.В. Анализ данных голограммы на основе построения массива суффиксов.....	23
Зенин И.Ю. Система контроля безопасности и связи пассажирского поезда	26
Лим В.О. Программирование ПЛИС для реализации синхронизирующего устройства модуля цифровой обработки авиационного ДИСС.....	30
Плющев В.А., Сидоров И.А., Решиков А.Д., Солдатенко А.П. Результаты моделирования различных конфигураций радиометрических систем с синтезированной апертурой.....	32
Подгорнов И.А. Излучатель дециметрового диапазона в печатном исполнении	35
Сидоров И.А. Блок обработки информации для радиометрических систем с синтезированием апертуры	39
Соколов Д.А. Сопровождение маневрирующих целей инерционными следящими системами	43

Страхов П.В., Трушин А.Ю., Давлетчин Д.И.
Современные автоматизированные средства контроля и диагностики радиоэлектронной аппаратуры 47

Стрелков А.И., Лытюга А.П., Стрелкова Т.А.
Перспективы развития оптико-электронных систем специального назначения с использованием методов стохастико-детерминированной обработки оптических сигналов..... 50

Федисов А.Н.
Группирование воздушных объектов с использованием квадратичного порогового критерия их близости 54

СЕКЦИЯ №7: ГЛОБАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Графкина М.В., Свиридова Е.Ю., Теряева Е.П.
Исследование внутренних электромагнитных полей на этапе испытания опытного образца гибридного автомобиля..... 55

Давлетчин Д.И.
Вольтамперометрический анализатор для мониторинга рабочей зоны..... 58

Душкин Д.Н., Душкин Н.Д.
О проблеме выбора оптимальной по предпочтениям композиции сервисов 62

Капустин Д.В., Захаров А.К., Капустин В.И.
Многопараметрическая дрейф-спектрометрия для экологического мониторинга воздуха, воды и почвы..... 66

Котельников С.Н., Трубицын А.В.
Мобильный автоматический комплекс для измерения приземного озона и физических параметров атмосферы..... 70

Куприянов В.В.
Автоматизация первичной оценки рисков при эксплуатации опасных производственных объектов..... 73

Лысов П.И., Грязных И.В.
Разработка аппаратно-программного комплекса для обработки сигналов в мобильном комплексе дистанционного мониторинга 80

Мелихов А.А.
Использование собранной из открытых источников информации для поддержки принятия решений в условиях динамичных рыночных условий.... 84

Меньшиков В.А., Меньшикова Л.В., Меньшиков В.В., Радьков А.В.	
Инновационный проект Международной аэрокосмической системы глобального мониторинга - новый и перспективный подход к проблеме борьбы со стихийными бедствиями	87
Меньшиков В.В., Габова М.А.	
Применение композиционных материалов при транспорте углеводородов в интересах безопасности и эффективности их использования в интересах МАКСМ.....	93
Меньшиков В.В.	
Перспективы использования МФКС в интересах интеграции обороны и безопасности Союзного государства России и Беларуси	96
Монаков В.К.	
Синтез устройства защиты электроустановок от дуговых замыканий УЗДЗ (AFCI)	102
Розанов В.С., Душкин Н.Д., Листопад И.И.	
Устройство диагностики предаварийного режима работы системы электро-снабжения.....	106
Рябов Ю.Г., Ермаков К.В.	
Повышение эффективности молниеотводов	110
Суворова Е.В.	
К вопросу о безотходной эксплуатации энергоустановок на основе воздушно-алюминиевых химических источников тока с возможностью регенерации отработанного электролита	118
Трубицын А.В., Душкин Н.Д., Листопад И.И.	
Повышение надежности электроснабжения потребителей в системах электро- и пожаробезопасности	121
Удалов А.И., Трубицын А.В., Марьин С.В.	
Оценка состояния аккумуляторов мобильных устройств и их влияние на экологическую обстановку	125
Чабак А.Ф., Чабак Д.А.	
Разработка и создание аккумуляторов водорода и других газов на основе шестигранных капиллярных матриц с высоким удельным содержанием водорода	128
Чабак А.Ф., Чабак Д.А., Струков Н.И.	
Проблемы обеспечения населения России питьевой водой и технологии ее очистки	132
Рябов Ю.Г., Ермаков К.В., Билецкий С.Э.	
Обеспечение комфортных условий на рабочих местах по фактору электрического поля	138

Рябов Ю. Г., Ермаков К. В.

Коронирующий заземлитель для систем молниезащиты и энергетики 145

Рязанов А.В., Крупин М.В.

Датчик термоманитного газоанализатора на кислород..... 150

Скрипачев В.О.

Вариации электронной и ионной плотности ионосферы в период повышенной сейсмической активности 153

СЕКЦИЯ №8: ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ОТРАСЛЕЙ

Богуш Н.Б.

Формирование профессиональной компетентности переводчика в сфере профессиональной коммуникации в рамках дополнительного образования в техническом вузе 157

Гладышева Е.В.

О необходимости преподавания фундаментальной профессиональной этики в инженерном образовании 160

Гладышева С.Г.

О проекте формирования исторического сознания студентов..... 164

Дидык Н.В.

Формирование общих и профессиональных компетенций у студентов лингвистических специальностей в рамках изучения иностранного языка для подготовки профессиональных кадров 166

Зайцева Л.А.

Особенности преподавания гуманитарных дисциплин в технической вузе в информационную эпоху..... 169

Иванова Е.А.

К проблеме эффективности обучения иностранному языку в техническом вузе..... 171

Катахова Н.В.

Коммуникативная культура профессионала как залог успешной реализации его межкультурной коммуникации..... 174

Кочеткова Л.Н.

Новые направления подготовки современных инженерных кадров: от знаний к компетенциям 178

Курсевич Д.В.

Формирование языковых компетенций как необходимое условие всесторонней самореализации студента 181

Михайлов В.М., Козловский С.А.	
Об эффективности и технологичности обучения	184
Манджиев А.А.	
О формировании социокультурной компетентности в техническом вузе.	188
Маслина Л.Я., Мельчаков В.Н., Танетова Н.П., Михайлов В.М.	
Компоненты образовательного процесса (структурность, технологичность, интерактивность), обеспечивающие подготовку креативного специалиста в техническом вузе	192
Матренина Л.Ф.	
К вопросу о качестве образования	196
Михайлов В.М.	
О значении учета структуры учебного материала для результативности физико-математического обучения	200
Нанай Ф.А.	
К вопросу о формировании профессионально ориентированной вторичной языковой личности в неязыковых вузах.....	203
Никитина Е.А.	
Междисциплинарные знания и навыки в контексте формирования универсальных компетенций профессиональных кадров для наукоемких отраслей	207
Панкова М.В.	
Формирование коммуникативной компетентности у специалистов инженерного профиля.....	209
Ручкина Г.Ф.	
О статусе социально-гуманитарного знания в техническом университете в логике компетентностного подхода.....	213
Рыбакова Е. Е.	
Коммуникативный стереотип как социокультурный компонент коммуникативной компетенции	216
Рыбакова М.В.	
Иностранный язык как продуктивное средство развития научного потенциала профессиональных кадров для наукоемких отраслей.....	218
Сидорин А.В.	
Методические основы оценки востребованности выпускников технического университета.....	221
Сидорин А.В., Сидорин В.В.	
Проблемно-ориентированная подготовка кадров для новой индустриализации.....	225

Смирнов В.В.

Вопросы гуманитарной подготовки инженерных кадров в техническом университете 229

Стрелкова Т.А.

Динамическое обновление содержания образования как средство управления качеством непрерывного технического образования 232

Филатов С.В., Цуникова Т.Г.

Инновирование профессиональной подготовки бакалавров как первой ступени инженерной подготовки 234

Цуникова Т.Г.

Некоторые аспекты инновирования лингвистической подготовки аспирантов и магистров в рамках компетентностного подхода к обучению 241

Чернов А.В., Чернова В.А.

Качество профессиональной подготовки инновационных кадров в логике модернизации экономики России 245

Чернова В.А., Чернов А.В.

Инновационной экономике – инновационные профессиональные кадры.... 249

Чернова Н.И., Панкова М.В.

Профессионально ориентированная коммуникативная культура как интегративная составляющая подготовки инновационных кадров 253

СЕКЦИЯ №9: МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ В РАДИОФИЗИКЕ

Shestopalov Y.V.

Some fundamental issues of the mathematical theory of wave propagation..... 256

Tomášek Pavel, Shestopalov Y.V.

Parameter optimization of waveguide frequency filters..... 259

Андреев С.Е., Ульянов Д.К.

Обработка временных рядов СВЧ-сигналов, полученных на плазменном релятивистском СВЧ-генераторе 263

Балагур А.А., Михалин О.А., Хрусталеv А.А.

Применение виртуальных приборов в программной среде LabVIEW..... 267

Богачев Н.Н., Богданкевич И.Л., Минаев И.М.

Моделирование плазменной и металлической вибраторных антенн 270

Киселев Г.Л., Башкатов И.П.

Применение преобразования Гильберта для решения фазовой проблемы .. 275

Малахов Д.В., Скворцова Н.Н., Борзосекон В.Д., Чернов Н.А., Алексютина Е.Н., Горшенин А.К.	
Многопараметрическая обработка данных на термоядерной установке стелларатор Л-2М	279
Самохин А.Б., Самохина А.С.	
Эффективные алгоритмы решения объемных интегральных уравнений электродинамики	282
Сотникова Н.Ю.	
Численное решение задач электромагнитного рассеяния методом опти- мальной простой итерации	285
Худак Ю.И., Ахмедов И.А.	
Об оптической задаче просветления и алгоритме решения соответствующей ослабленной задачи в смысле Чебышева	288
Шумов И.Ю.	
Повышение степени сверхразрешения двумерных изображений источников излучения посредством симметризации задачи	293