

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



ИНЖЕНЕРНЫЕ КАДРЫ – БУДУЩЕЕ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Материалы II Всероссийской студенческой конференции

Йошкар-Ола, 21-25 ноября 2016 г.

Часть 3

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ИНФОКОММУНИКАЦИЙ, РАДИОТЕХНИКИ
И ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ПРОРЫВНЫХ
ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Йошкар-Ола
2016

УДК 378:621.3

ББК 74.58

И 62

Редакционная коллегия:

Дедов А. Н., канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи, декан радиотехнического факультета ПГТУ (председатель);

Зуев А. В., канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и связи, зам. декана радиотехнического факультета ПГТУ;

Роженцов А. А., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой радиотехнических и медико-биологических систем ПГТУ;

Рябова Н. В., д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой радиотехники и связи ПГТУ;

Сушенцов Н. И., канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры ПГТУ;

Захаров Ю. В., канд. техн. наук, профессор кафедры проектирования и производства электронно-вычислительных средств ПГТУ.

Инженерные кадры – будущее инновационной экономики И 62 России: материалы II Всероссийской студенческой конференции (Йошкар-Ола, 21-25 ноября 2016 г.): в 8 ч. *Часть 3. Новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники для прорывных отраслей промышленности.* – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. – 136 с.

ISBN 978-5-8158-1789-0

ISBN 978-5-8158-1793-7 (Часть 3)

В рамках Всероссийской студенческой конференции «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России» представлены результаты научно-исследовательских работ студентов, магистрантов, аспирантов в области инфокоммуникаций, радиотехники и электроники с перспективой их практического использования.

УДК 378:621.3

ББК 74.58

ISBN 978-5-8158-1793-7 (Часть 3)
ISBN 978-5-8158-1789-0

© Поволжский государственный
технологический университет, 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники в настоящий момент являются важным направлением развития современной промышленности России. Они создают техническое будущее нашей страны.

Именно по этой причине в рамках в рамках Всероссийской студенческой конференции «Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России», состоявшейся на базе Поволжского государственного технологического университета, была организована секция «Новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники для про-рывных отраслей промышленности», материалы работы которой представлены в данной книге.

В этот сборник вошли наиболее интересные доклады и сообщения, демонстрирующие исследовательские и инновационные возможности научных молодежных групп из Йошкар-Олы и Казани.

Тематика выступлений была актуальна и разнообразна. Она касалась важных сфер радиотехники и электроники:

- использование LabVIEW для моделирования различных устройств;
- исследование USRP приемопередатчиков;
- исследования тонкоплёночных материалов;
- человеко-машинные системы;
- анализ технологий беспроводных сетей;
- исследования в области процесса изготовления печатных плат.

В современных условиях участие молодежи в подобных мероприятиях призвано способствовать решению задач повышения эффективности российской промышленности.

Организаторы конференции и редакционная коллегия сборника благодарят всех за активное участие в научных дискуссиях, заинтересованный обмен мнениями с коллегами и предоставление материалов для публикации.

Дальнейших успехов вам в научно-исследовательской работе и в профессиональной деятельности!

**Апышкова Елена Александровна,
Петрова Евгения Сергеевна**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ЗИТСм-11

Научный руководитель

Дедов Андрей Николаевич, канд. техн. наук, доцент

кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ИССЛЕДОВАНИЕ USRP ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКОВ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В настоящее время для беспроводной передачи данных используют различные методы модуляции, а также применяются различные технологии передачи.

Цель данной работы – оценить возможность повышения помехозащищенности канала передачи, что является немаловажным моментом, так как следствием помех становится ошибочное получение данных потребителем. Наша задача – провести исследования современных видов модуляций, смоделировать и измерить параметры, которые влияют на качество передачи данных.

Основной задачей любой системы радиосвязи является эффективная передача информации, содержащейся в сообщениях. В зависимости от назначения и условий функционирования системы радиосвязи ее эффективность оценивается на основании тех или иных показателей (критериев), основными из которых являются энергетический и спектральный. Соответственно важнейшими характеристиками любой системы радиосвязи являются энергетическая и спектральная эффективность, характеризующие энергетические затраты и полосу занимаемых частот, необходимые для передачи сообщений [1].

К сожалению, одновременное достижение предельных значений этих показателей эффективности оказывается невозможным, так что в каждом конкретном случае построения системы радиосвязи приходится руководствоваться компромиссными соображениями при оптимизации характеристик и режимов функционирования системы.

Для исследования было решено использовать программно-аппаратный комплекс, состоящий из среды программного моделирования GNU-Radio и

приемопередающего устройства USRP. UniversalSoftwareRadioPeripheral (USRP – универсальное периферийное программное радио) являющейся разновидностью SDR (SoftwareDefinedRadio), разрабатываемое фирмой EttusResearch [2]. Данный комплекс позволяет проводить исследования всех видов модуляций (FSK, PSK, MSK, GMSK, QPSK, QAM и т.д.), моделировать и измерять параметры, влияющие на качество передачи данных (коэффициент битовых ошибок, дисбаланс усиления квадратурных составляющих, фазовые и векторные ошибки, коэффициент ошибок модуляции и т.д.).

Платформа USRP предоставляет широкий спектр возможностей по обучению базовым дисциплинам по проектированию телекоммуникационных систем, изучение которых традиционно проходит с сильным акцентом на проработку теоретической базы.

Практическая составляющая обучения, включающая в себя возможности внедрения и исследования работающих систем связи, позволяет студентам работать с реальными цифровыми и аналоговыми сигналами, связывая воедино абстрактную теорию и наглядный практический подход к обучению.

Платформа USRP включает в себя: аппаратную часть в виде двух приемопередатчиков NIUSRP, охватывающих диапазон частот от 50 МГц до 2,2ГГц, необходимое программное обеспечение, а также лабораторные практикумы.

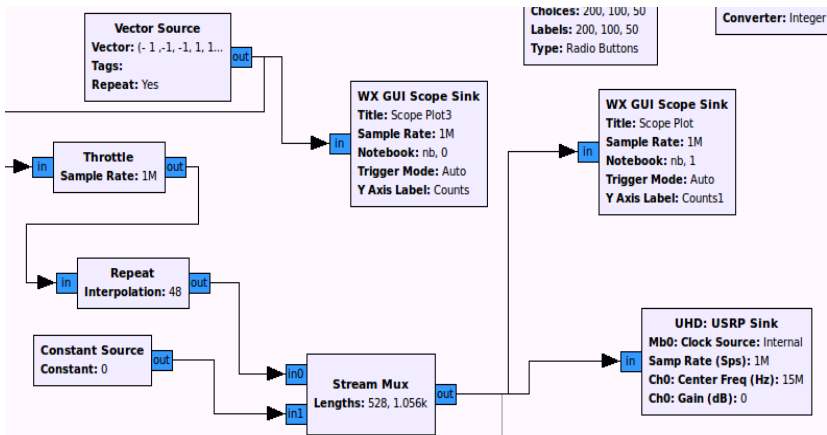
Материалы курса включают в себя разделы с подробным описанием возможных архитектур и методов построения современных цифровых систем связи, в том числе с применением алгоритмов ортогонального частотного разделения каналов (OFDM). Материал курса включает также подробное руководство по использованию лабораторных практикумов, теоретическую базу, набор упражнений на знание теории, а также пошаговый набор инструкций к выполнению экспериментов.

Характеристики USRP:

- Диапазон рабочих частот от 50 МГц до 2,2 ГГц.
- Полоса IQ-модуляций 20 МГц.
- Измерение качества модулированных сигналов, определение амплитуды вектора ошибки модуляции EVM, частоты появления ошибочных битов BER, фазовой ошибки, коэффициента модуляционных ошибок.
- Моделирование и измерение искажений, паразитный набег фазы между I и Q компонентами, дисбаланс усилий I и Q составляющих сигнала.

– Формирование сигналов со стандартными и пользовательскими видами модуляции (AM, FM, PM, ASK, FSK, MSK, GMSK, PSK, QPSK, PAM, QAM и др.).

Для исследования в программе GNURadio были построены схемы передатчика (см. рисунок) и приемника радиочастотного сигнала с фазовой модуляцией.



Блок-схема передатчика РЧ сигнала

Выводы

Первые эксперименты, показали, что добиться передачи данных совершенно без помех практически невозможно. Разнообразие сочетаний форм информационных сигналов и помеховой обстановки не позволяет применить универсальный метод подавления помех для последующего успешного декодирования полезного сигнала, а требует использования набора различных методов. При этом рациональный выбор изделий с определенными показателями помехозащищенности позволит обеспечить допустимый уровень ложных срабатываний.

Список литературы

1. Варгаузин В. А., Цикин И. А. Методы повышения энергетической и спектральной эффективности цифровой радиосвязи. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 352 с.: ил.
2. EttusResearchUSRPN210 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ettus.com/product/details/UN210-KIT> (дата обращения 12.03.2016).

Бахметьева Виктория Валентиновна

направление Информационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-12

Научный руководитель

Зув Алексей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент,
кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В последние годы на рынке IT-индустрии начало активно использоваться новое направление – так называемые облачные технологии.

Несмотря на широкое распространение и частое употребление, у этого термина до настоящего времени нет четкого и однозначного определения, так как в процессе развития облачных технологий формулировка подвергается все новым и новым изменениям и дополнениям. Поэтому вместо строгого определения приведем его наиболее распространенную версию: «Облачные вычисления (англ. cloudcomputing) – технология распространенной обработки данных, в которой компьютерные ресурсы и мощности предоставляются пользователю как Интернет-сервис» [1].

Облачные технологии используют не только в готовом (комплектном) сетевом и серверном оборудовании, они постепенно проникают на рынок встраиваемых систем (embeddedcloud), становясь причиной масштабной реструктуризации рынка.

Ведущие IT-компании и инженеры давно ведут споры *о плюсах и минусах* использования *облачных технологий*. Были случаи и прогнозирования проблем, и потерь конфиденциальных данных в «облаках» из-за широкого спроса и притока пользователей. Но все же эксперты отмечают, что преимущества и удобство использования cloudcomputing превосходят возможные риски.

Проблемы с развитием облачных технологий в России достаточно просты. В первую очередь, это несовершенство правового поля. Вторая причина – недостаточное распространение широкополосного доступа к интернету как в регионах, так и в центральной части.

К недостаткам облачных технологий можно отнести и некоторые субъективные причины, по которым большое число предприятий не готово пользоваться облачными сервисами. Здесь и недоверие к поставщикам услуг, и боязнь пользоваться сразу несколькими сервисами, и отсутствие стандартов, которые регулируют данную сферу.

Несмотря на минусы облачных технологий и существующие проблемы, в России они уже используются и перспективы их успешного развития благоприятны.

Рынок облачных технологий динамично растет и развивается как в нашей стране, так и во всем мире. По данным исследования IDC RussiaCloudServicesMarket 2014-2018 Forecast and 2016 Competitive Analysis, совокупный рынок облачных услуг в 2016 году в России вырос более чем на 70%, составив около \$353 млн. Аналитики компании «Астерос» оценивают объем рынка ИТ в России в 2016 году в \$35 млрд, из которых свыше \$500 млн приходится на «облачный» рынок. По данным Parallels, за 2016 год совокупный объем потребляемых облачных приложений и инфраструктуры в России вырос на 32% и составил еще больше – \$633 млн [2].

Ожидается, что в ближайшие 5 лет число разработчиков продуктов для публичных облаков вырастет втрое, а количество облачных продуктов и решений – на порядок. Также компания IDC ожидает, что среди сегментов облачных сервисов будет доминировать SaaS, в 2018-м на него придется порядка 65% расходов облачного рынка. На втором месте по расходам IaaS: этот сегмент, как ожидается, станет прибавлять по 31% ежегодно и в 2018 году его доля составит 19%. Самым быстрорастущим, как полагают в IDC, станет PaaS – спрос на услуги этого сегмента будут стимулироваться решениями в области BigData. К 2018 году доля PaaS среди всех облачных сервисов будет равна 16%.

Кроме того, ожидается использование контейнеров большинством крупных облачных платформ. Такие крупные провайдеры облачных технологий, как Google, Amazon и Microsoft начнут использовать контейнерные технологии. В 2017 году, большинство облачных платформ будет либо поддерживать контейнеры или будет переключено на новый стек контейнера.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что развитие облачных вычислений, несмотря на вызовы и риски, все-таки является тенденцией.

Список литературы

1. Облачные сервисы. Взгляд из России / под ред. Е. Гребнева. – М.: CNews, 2011. – 282 с.
2. Медведев А. Облачные технологии: тенденции развития, примеры исполнения // Современные технологии автоматизации. – 2013. – № 2. – С. 6–9.
3. CLAVIRE: облачная платформа для обработки данных больших объемов / В. Н. Васильев, К. В. Князьков, Т. Н. Чуров, Д. А. Насонов, С. В. Марьин, С. В. Ковальчук, А. В. Бухановский // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2012. – Т. 10, № 11. – С. 7–16.

УДК 621.382:612.08

Богатов Максим Сергеевич

направление проектирование вычислительных систем
(магистратура), гр. ЭВСм-21

Научный руководитель

Алиев Марат Туфикович, канд. техн. наук, доцент,
кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА В СТРУКТУРЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ СИСТЕМЫ

Актуальность исследования

Управление и обслуживание сложных компьютеризированных комплексов сопровождается возрастающими психоэмоциональными нагрузками, насыщенностью потоков информации, предъявляет повышенные требования к состоянию здоровья операторов человеко-машинных систем.

Существует настоятельная потребность в разработке портативной необременительной аппаратуры медицинского предназначения, позволяющей контролировать и прогнозировать состояние операторов человеко-машинных систем при выполнении полетов, вахт, диспетчерских обязанностей [1].

Функциональное состояние оператора – интегральный комплекс характеристик, функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение деятельности. Параметры функционального состояния характеризуют степень работоспособности и воздействие рабочей среды на организм человека.

Контроль параметров функционального состояния оператора осуществляется в трех формах [2]:

- предстартовый контроль;
- оперативный контроль;
- динамический контроль после окончания работ.

К наиболее широко используемым методам оценки функционального состояния операторов относятся физиологические (измерение давления, пульса и т.д.), психофизиологические (функции анализаторов), психологические (внимание и т.д.), а также прямая оценка работоспособности (измерение количества ошибок и т.д.) [2].

Наиболее перспективным является использование психологических показателей [3], т. к. их определение не вызывает больших затруднений, не требует специальных средств, а также оценка состояния может производиться непосредственно в процессе работы.

Известно, что процентное содержание ошибок в набранном тексте является недостаточным диагностическим параметром зрительного утомления. Число ошибок, допущенных при вводе текста, определяется в конце рабочего дня и не отображает динамику изменения зрительного утомления операторов.

Патентный поиск и анализ литературных источников показали, что интегральная оценка функционального состояния человека-оператора, донозологическая и нозологическая диагностика, коррекция здоровья и прогноз его изменения во времени приобретают все большее значение, в связи с выраженным психоэмоциональным и физическим напряжением, выступающим в качестве риск-факторов нарушений жизненно важных функций [1, 4].

Таким образом, разработка системы оценки состояния оператора человеко-машинной системы является актуальной задачей, что позволит оценить степень утомления оператора, его способность к осуществлению дальнейшей работы и вносить своевременные коррективы в режим работы.

Целью исследования является разработка системы оценки функционального состояния оператора путем интегральной оценки физических и психофизических показателей с помощью их комплексного измерения.

На рисунке 1 представлена система оценки функционального состояния оператора путем анализа сенсомоторной реакции в структуре человеко-машинной системы [5].

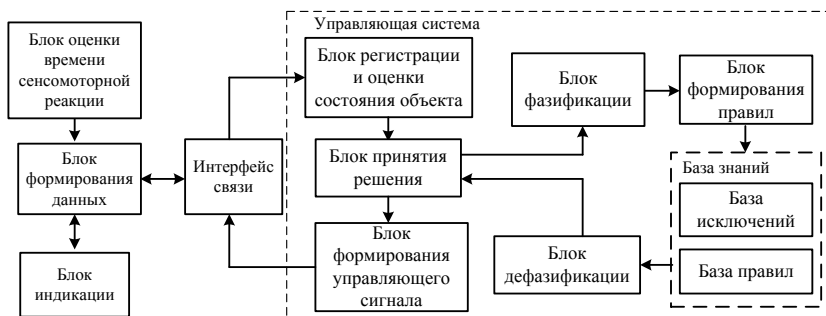


Рис. 1 – Система оценки функционального состояния оператора в структуре человеко-машинной системы

С блока оценки времени сенсомоторной реакции для дальнейшего хранения и обработки, информация передается по интерфейсу связи на ЭВМ с предустановленным программным обеспечением, выполняющим функции окончательного принятия решений.

На последнем этапе происходит сравнение полученных параметров путем принятия решения из базы знаний. Далее вычисляется коэффициент утомления ($K_{ут}$) по динамике времени сенсомоторной реакции, который вычисляется по формуле

$$K_{ут} = \frac{\sum_{i=2}^n (\tau_{i-1} - \tau_i)}{(\tau_{\text{макс}} - \tau_{\text{мин}})},$$

где τ_i – измеренное время сенсомоторной реакции, $\tau_{\text{макс}}$ – максимальное значение в выборке; $\tau_{\text{мин}}$ – минимальное значение в выборке.

На рисунке 2 представлена гистограмма и численное значение вычисленного коэффициента утомления по динамике сенсомоторной реакции оператора.

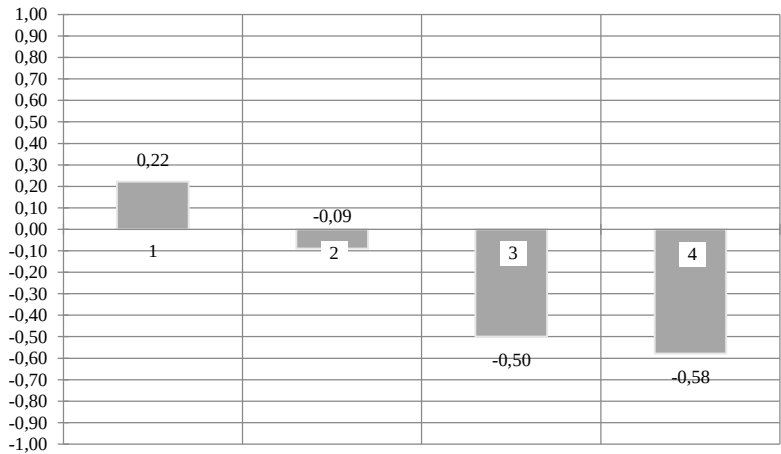


Рис. 2 – Гистограмма и численное значение коэффициента утомления по динамике сенсомоторной реакции оператора в структуре человека-машинной системы

По горизонтальной оси – промежутки времени, равные 2 часам трудовой деятельности в течение 8-мичасовой рабочей смены, когда оце-

нивалось утомление; по вертикальной оси – коэффициент утомления по динамике сенсомоторной реакции.

Положительная область характеризует индивидуальный процесс адаптации человека, малое значение в отрицательной или положительной области характеризует оптимальную трудовую деятельность, а значительное значение в отрицательной области характеризует период утомления.

Выводы.

Анализ коэффициента зрительного утомления по динамике времени сенсомоторной реакции оператора позволяет определить индивидуальный характер адаптации человека при работе с видеодисплейными терминалами и персональными компьютерами, а также выделить следующие периоды:

- период адаптации и оптимальной нагрузки на оператора в структуре человеко-машинной системы (области 1 и 2);
- период утомления на физиологическом уровне, когда происходит затруднение выработки временных связей, повышение инертности в динамике нервных процессов и повышенная психоэмоциональная напряженность. Численное значение коэффициента утомления показывает, когда следует заканчивать нейрофизиологическую нагрузку (области 3 и 4).

Список литературы

1. Функциональная диагностика человеко-машинных систем / В. Т. Коваль, А. Н. Розенбаум, А. Е. Соловей, Г. А. Заяц, И. В. Гарасев // ИВД. – 2014. – № 4-2. – С. 29.
2. Нерсисян Л. С., Бухерзон Е. Г., Зызыкин В. Г. О прогнозировании готовности к экстренному действию операторов в состоянии утомления // Проблемы инженерной психологии: тез. 6-й Всесоюзн. конф. по инженерной психологии. – Л., 1984. – С. 98-102.
3. Душков Б. А. Инженерная психология. – М.: Высш. шк., 2001. – 381 с.
4. Заявка 2556840 Российская Федерация, МПК А61В 5/16, А61В 5/024. Способ коррекции функционального состояния человека-оператора и устройство для его осуществления / Варнавский А.Н. (РФ); заявитель и патентообладатель Рязанский госуд. радиотехнич. ун-т. – № 2013147899/14; заявл. 28.10.2013; опубл. 20.07.2015, Бюл. № 20.
5. Алиев М. Т., Тихонов С. Л. Аппаратно-программный комплекс для оценки эффективной деятельности человека // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 3. – С. 76-85.

Гасников Сергей Юрьевич

направление Информационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-12

Научный руководитель

Бастракова Марина Ивановна, канд. техн. наук, доцент

кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический
университет», г. Йошкар-Ола*

ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА WiMAX ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА

Введение

Ключевой элемент современных телекоммуникаций, которые невозможно представить без наличия разнообразных услуг, основанных на передаче различных типов трафика – данных, голоса, видео, мультимедиа, – широкополосный доступ. Беспроводные технологии, обладающие рядом уникальных преимуществ, играют важную роль в развитии систем широкополосного доступа, что определяется правильностью выбора и применения той или иной технологии передачи данных, конкретного оборудования и его конфигурации. Наиболее качественным и надежным каналом связи считаются кабельные системы, но каждый оператор по опыту знает, что их не всегда целесообразно использовать. Технологии беспроводного доступа позволяют решить проблему доставки услуг абоненту.

Цели исследования – обзор современных систем беспроводных технологий для широкополосного доступа.

Определение и задачи технологии

Основное достоинство WiMAX – наличие общепринятого стандарта, который позволяет производителям работать над одной технологией, обеспечивая взаимную совместимость оборудования.

Цель технологии WiMAX заключается в том, чтобы предоставить универсальный беспроводный доступ для широкого спектра устройств (рабочих станций, бытовой техники «умного дома», портативных устройств и мобильных телефонов) и их логического объединения – локальных сетей.

По сравнению с проводными системами, сети WiMAX должны позволить операторам и сервис-провайдером экономически эффективно охватить не только новых потенциальных пользователей, но и расширить спектр информационных и коммуникационных технологий доступа.

Технология WiMAX использует механизм, основанный на связи между базовой станцией и устройством пользователя. Каждое соединение основано на конкретных алгоритмах планирования.

Дальность охвата является существенным показателем системы радиосвязи. На данный момент большинство беспроводных технологий широкополосной передачи данных требуют наличия прямой видимости между объектами сети. WiMAX благодаря использованию технологии OFDM создает зоны покрытия в условиях отсутствия прямой видимости от клиентского оборудования до базовой станции, при этом расстояния исчисляются километрами. WiMAX обеспечивает каждому пользователю постоянный доступ. Построенный на технологии WiMAX алгоритм устанавливает ограничение на число пользователей для одной точки доступа.

Построенный на технологии WiMAX алгоритм устанавливает ограничение на число пользователей для одной точки доступа. Когда базовая станция WiMAX приближается к максимуму своего потенциала, она автоматически перенаправляет «избыточных» пользователей на другую базовую станцию.

Список литературы

1. Вишневский В., Портной С., Шахнович И. Энциклопедия WiMAX путь к 4G: учебное пособие. – М.: Техносфера, 2009.
2. Шахнович И. Архитектура сети WiMAX: основные элементы и принципы // Первая миля. – 2009. – № 1. – С. 6–15.
3. Иванов А., Портной С. Оборудование WiMAX – решение компании Alvarion // Первая миля. – 2009. – № 2. – С. 32-39.
4. Сети LTE: структура и принцип работы [Электронный ресурс]. – URL: http://mobile-etworks.ru/articles/seti_lte_struktura_i_princip_raboty.html

УДК 004.67

Грибин Максим Анатольевич

направление Радиотехника (бакалавриат), гр. РСК-41

Научный руководитель

Евдокимов Алексей Олегович, канд. техн. наук, доцент,
кафедра радиотехнических и медико-биологических систем

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

АНАЛИЗ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗАШУМЛЕННЫХ ДАННЫХ С ГИРОСКОПА, АКСЕЛЕРОМЕТРА И МАГНИТОМЕТРА

Данная статья посвящена анализу существующих фильтров для обработки зашумленных данных с гироскопа, акселерометра и магнитометра.

Актуальность темы

Занимаясь разработкой программно-аппаратного комплекса для реабилитации людей с заболеваниями опорно-двигательного аппарата, мы убедились в необходимости фильтрации полученных с датчиков данных.

Проблема заключается в том, что любой измерительный прибор обладает некоторой погрешностью, на него может оказывать влияние большое количество внешних и внутренних воздействий, что приводит к тому, что информация с него оказывается зашумленной. Чем сильнее зашумлены данные, тем сложнее обрабатывать такую информацию. Один градус в отклонении гировертикали даст линейное ускорение в плоскости земли в $0,15 \text{ м/с}^2$, что сравнимо с обычными ускорениями при ходьбе.

В разрабатываемом комплексе оценка правильности выполнения упражнения будет производиться на основании данных, полученных с датчиков, закрепленных на теле пациента. Под данными подразумеваются координаты нахождения датчика в пространстве в некоторый момент времени.

На сегодняшний день широко применяются два вида фильтров:

- 1) фильтр Калмана;
- 2) фильтр Маджвика.

Фильтр Калмана оперирует понятием вектора состояния системы (набором параметров, описывающих состояние системы на некоторый момент времени) и его статистическим описанием. В общем случае динамика некоторого вектора состояния описывается плотностями вероятности распределения его компонент в каждый момент времени. При наличии определенной математической модели производимых наблюдений за системой, а также модели априорного изменения параметров вектора состояния (а именно – в качестве марковского формирующего процесса) можно записать уравнение для апостериорной плотности вероятности вектора состояния в любой момент времени. Данное дифференциальное уравнение носит название уравнение Стратоновича. Уравнение Стратоновича в общем виде не решается. Аналитическое решение удается получить только в случае ряда ограничений (предположений):

- гауссовы априорные и апостериорные плотности вероятности вектора состояния на любой момент времени (в том числе начальный);
- гауссовы формирующие шумы;
- гауссовы шумы наблюдений;
- белые шумы наблюдений;
- линейность модели наблюдений;
- линейность модели формирующего процесса.

Классический фильтр Калмана является уравнениями для расчета первого и второго моментов апостериорной плотности вероятности (в смысле вектора математических ожиданий и матрицы дисперсий, в том числе взаимных) при данных ограничениях. Ввиду того, что для нормальной плотности вероятности математическое ожидание и дисперсионная матрица полностью задают плотность вероятности, можно сказать, что фильтр Калмана рассчитывает апостериорную плотность вероятности вектора состояния на каждый момент времени. А значит полностью описывает вектор состояния как случайную векторную величину.

Расчетные значения математических ожиданий при этом являются оптимальными оценками по критерию среднеквадратической ошибки, что и обуславливает его широкое применение.

Широкое использование решений Калмана является доказательством их точности и эффективности, однако они имеют ряд недостатков. Они могут быть сложны в реализации.

Линейная регрессия итерации является основополагающим для процессов Калмана, требования к частоте дискретизации, значительно превышающие пропускную способность объекта. Например, частота дискретизации между 512 Гц и 30 кГц может быть использована в приложениях захвата движения. Состояние отношения, описывающего вращающуюся кинематику в трёх измерениях, как правило, требуют больше векторов состояния и реализации расширенного фильтра Калмана для линеаризации задачи.

Эти проблемы требуют не только большой вычислительной нагрузки для реализации решений Калмана, но и обеспечения чётких мотивов для реализации альтернативных подходов.

Многие предыдущие подходы к решению этих вопросов были основаны либо на нечёткой обработке или на фиксации фильтра в пользу акселерометра для определения ориентации на малых угловых скоростях и интегрирование измерений гироскопа при обнаружении высоких угловых скоростей. Такой подход прост, но может быть эффективным только при ограниченных условиях эксплуатации.

Бахман и другие предложили альтернативный подход, при котором фильтр достигает оптимального синтеза данных измерений на всех угловых скоростях. Тем не менее, процесс требует аппроксимации методом наименьших квадратов, что также добавляет вычислительной нагрузки. Махони и другие разработали комплиментарный фильтр, который, как показывает практика, является эффективным и действенным решением. Однако точность годится только для ИНС без магнитометра.

Фильтр Маджвика применим как к ИНС без магнитометра, так и к ИНС с магнитометром. Фильтр занимается обработкой массивов данных, поступающих с датчиков, и снимает проблемы точности и настройки параметров фильтров, основанных на подходах Калмана. Фильтр использует кватернион для представления ориентации, чтобы описать положение в пространстве в трёх измерениях, и не содержит проблем, связанных с описанием положения углами Эйлера (складывание рамок).

Инновационные аспекты предлагаемого фильтра включают в себя:

- два регулируемых параметра (один для реализации без магнитометра), определяемых наблюдаемыми характеристиками системы;
- аналитические вычисления и оптимизация методом градиентного спуска, что повышает точность при малых частотах дискретизации;
- компенсация магнитных искажений и компенсация смещения нуля гироскопа в режиме реального времени.

Результаты показывают, что данный фильтр достигает уровня точности, превышающий фильтр на основе метода Калмана:

<0,6 градусов – среднеквадратичное отклонение в неподвижном состоянии;

<0,8 градусов – среднеквадратичное отклонение в подвижном состоянии.

Вследствие низкой вычислительной нагрузки и способности работать на низких частотах дискретизации открываются новые возможности применения ИНС для устройств реального времени с малыми вычислительными способностями и требованиями к высокой частоте выборок.

На основе вышеизложенного было принято решение использовать именно фильтр Маджвика. Это объясняется тем, что в разрабатываемом устройстве используются датчики, включающие в себя гироскоп, акселерометр и магнитометр. Кроме того, все вычисления необходимо производить в режиме реального времени, с чем прекрасно справляется фильтр Маджвика.

Список литературы

1. Сеславин А. И. Фильтры Калмана: методические указания для студентов специальности «Управление и информатика в технических системах». – М.: МИИТ, 2011. – 16 с.
2. Madgwick S. O. H. An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays. Technical report, University of Bristol University, UK, (2010).
3. Балакришнан А. В. Теория фильтрации Калмана / пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 168 с.

4. Евдокимов А. О., Грибин М. А. Программно-аппаратный комплекс для реабилитации людей с заболеваниями опорно-двигательного аппарата // В мире науки и инноваций: сборник статей Международной научно-практической конференции (20 апреля 2016 г., г. Курган): в 3 ч. Ч. 3. – Уфа: АЭТЕРНА, 2016. – 291 с.

УДК 621.391.63.681

Джумахони Наджмудинзода

направление Информационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-22

Научный руководитель

Бастракова Марина Ивановна, канд. техн. наук, доцент,
кафедра радиотехники и связи

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола

РАСЧЕТ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КИЛОМЕТРИЧЕСКОГО ЗАТУХАНИЯ АОЛС

Канал АОЛС будет доступен, если выполняется условие:

$$P_{\text{пот}} \leq A \quad (1)$$

где $P_{\text{пот}}$ – общая величина потерь на интервале при прохождении оптического сигнала сквозь атмосферу;

A – энергетический ресурс аппаратуры АОЛП, равный разности излучаемой мощности P_S и чувствительности приемника P_R .

Километрическое затухание оптического излучения в атмосфере (определяющая для $K_{Г-АК}$) является величиной переменной (изменяется от нескольких десятых дБ/км до сотен дБ/км), носит вероятностный характер и зависит от климатических условий ГР, причем метеорологическая оптическая дальность измеряется с погрешностью не более $\pm 5\%$.

В работе выражение $P_{\text{пот}} \leq A$ представлено в виде:

$$\gamma(\lambda, \text{км}) \cdot L_{AK} + 20 \lg \left(\frac{2L_{AK} \operatorname{tg} \left(\frac{\varphi_{\text{расх}}}{2} \right)}{D_{\text{пр}}} \right) \leq (P_S - P_R), \quad (2)$$

где $\gamma(\lambda, \text{км})$ – километрическое затухание оптического излучения в атмосфере на конкретной длине волны;

L_{AK} – протяженность атмосферного канала связи;

$\varphi_{\text{расх}}$ – угол расходимости лазерного излучения;

$D_{\text{пр}}$ – диаметр линзы приемного устройства;

P_S – мощность передатчика;

P_R – чувствительность приемника.

Выбор величины километрического затухания на трассе необходимо осуществлять по интегральной функции распределения километрического затухания географического региона, где будет эксплуатироваться проектируемая система атмосферной оптической линии передачи с учетом требуемого оператором коэффициента готовности K_Γ и рабочей длины волны λ . Таким образом, справедлива зависимость:

$$\gamma = f(K_\Gamma, \lambda) = \gamma_{K_\Gamma, \lambda}. \quad (3)$$

Энергетический ресурс аппаратуры АОЛС определяется как разность между мощностью передатчика (P_S) и чувствительностью приемника (P_R), которые являются паспортными данными аппаратуры:

$$A = P_S - P_R. \quad (4)$$

Если передающая установка состоит из нескольких излучающих лазеров (светодиодов), мощность передатчика определяется как сумма их мощностей. В случае использования однотипных источников излучения P_S определяется:

$$P_S = P_{Si} \cdot N, \quad (5)$$

где N – количество излучателей в передатчике.

Анализируя современную аппаратуру АОЛС, можно сказать, что количество излучателей в передатчике лежит в пределах от 1 до 3.

Из формул (19) и (20) получаем:

$$A = P_{Si} \cdot N - P_R \quad (6)$$

а условие доступности принимает вид:

$$\gamma_{K_\Gamma, \lambda} \cdot L_{AK} + 20 \lg \left(\frac{L_{AK} \cdot \varphi_{PACX}}{d_{\text{ПРИЕМ}}} \right) \leq P_{Si} \cdot N - P_R. \quad (7)$$

Если выполняется соотношение (7), система АОЛС работает. В противном случае наблюдается перерыв связи.

Список литературы

1. Сумерин В. В. Новое поколение АОЛС // Технологии и средства связи. – 2001. – № 2. – С. 32.
2. Павлов Н. М. Что препятствует внедрению АОЛП? // Фотон-экспресс. – 2005. – № 4. – С. 45-49.
3. Павлов Н. М. Коэффициент готовности атмосферного канала АОЛП и методы его определения // Фотон-Экспресс. – 2006. – № 6. – С. 78-90.

Ермаченко Никита Викторович

направление Радиотехника (магистратура), гр. РТм-11

Научный руководитель

Роженцов Алексей Аркадьевич, д-р техн. наук, профессор,
кафедра радиотехнических и медико-биологических систем

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ АВАРИЙНОЙ ПОСАДКИ КВАДРОКОПТЕРА

Введение

Мультикоптер – это летательный аппарат с произвольным количеством несущих винтов, вращающихся диагонально в противоположных направлениях.

Первый мультикоптер ещё в 1922 году создал русско-американский авиаконструктор Георгий Александрович Ботезат. Выходец из России спроектировал, построил и научил летать четырехроторного красавца, ставшего первым армейским вертолетом США. Это было почти за 10 лет до знаменитого VS-300 Игора Сикорского [1].

Если сравнивать мультикоптер с обычным радиоуправляемым вертолетом, то первый обладает лучшей плавностью движения, а также большей маневренностью. Кроме того, мультикоптер имеет малую массу, отличается низкими показателями шума, он не создает сильных потоков воздуха. К мультикоптеру можно присоединить любую легкую цифровую видеокамеру.

Актуальность темы

С одной стороны, распространение мультикоптеров в России стремительно растет, но с другой – также растет и число аварий при полётах этих летательных аппаратов.

Постановка задачи

В Воздушном кодексе РФ появилось понятие «беспилотное воздушное судно», «командир беспилотного воздушного судна» и «внешний экипаж». Командир принимает окончательные решения о взлёте, посадке беспилотника, возвращении на аэродром или вынужденной посадке. Все члены экипажа обязаны иметь лётное удостоверение. Таким образом, ответственность за безопасность полетов будет все больше ужесточаться.

Приведем тактико-технические данные одного из самых популярных современных квадрокоптеров DJI Phantom 3:

- дальность радиоуправляемого полета до 2000 м;
- максимальная высота до 6000 м;
- общее время полета составляет 23 мин.;
- вес (включая батарею и пропеллеры) 1280 г.;
- размер по диагонали (включая пропеллеры) 590 мм;
- температура рабочей среды от 0°C до 40°C;
- поддержка систем навигации GPS/ГЛОНАСС;
- максимальная скорость взлета 5 м/с;
- максимальная скорость приземления 3 м/с;
- максимальная скорость полета 16 м/с.

Причины аварий мультикоптеров могут быть различны: от резких порывов ветра, опрокидывающих летящий квадрокоптер, до технических неполадок в самих устройствах. Но главная причина аварий – человеческий фактор, проявляющийся в неумелом управлении мультикоптером, особенно на начальном этапе обучения.

При падении с высоты нескольких сот метров могут пострадать как сами дорогостоящие мультикоптеры с установленной на них аппаратурой, так и люди и объекты повышенной опасности находящиеся на земле.

Требуется сделать полёты мультикоптеров более безопасными.

Техника решения

Данное исследование посвящено разработке программно-аппаратного комплекса аварийной посадки квадрокоптера, включающего в себя парашютную систему, а также систему распознавания и выбора наиболее подходящей площадки для посадки на основе анализа рельефа подстилающей поверхности [2].

Для определения аварийного режима полёта квадрокоптера используется информация от трёх датчиков (см. рисунок):

- 1) гироскопа – трёхосевого датчика угловых скоростей, который нужен для определения угла наклона платформы;
- 2) акселерометра – трёхосевого датчика ускорения (по трём векторам), который нужен для того, чтобы определить где низ;
- 3) барометра – который нужен для определения давления, а отсюда узнаём высоту [3].

В случае аварии при полёте квадрокоптера и потери управления информация с этих датчиков подаётся на бортовую систему управления, которая, в свою очередь, подаёт управляющий сигнал на систему выброса парашюта.



Структурная схема программно-аппаратного комплекса аварийной посадки квадрокоптера

Бывают случаи, когда квадрокоптер вылетает за зону действия управляющего сигнала или по каким-то причинам необходима экстренная посадка, когда режим автопилота невозможен и нужно без участия оператора выбрать площадку для приземления. В таких случаях изображение с видеокамеры квадрокоптера будет подано на устройство распознавания изображения, которое распознает и выберет площадку для безопасного экстренного приземления.

Выводы

Использование разработанного программно-аппаратного комплекса аварийной посадки квадрокоптера позволит уменьшить число дорогостоящих ремонтов как самого летательного аппарата, так и оборудования, установленного на нем, при неконтролируемых аварийных приземлениях, а главное – снизит риск травматизма людей и поможет избежать нанесения вреда дорогостоящим наземным техническим объектам.

Список литературы

1. Савинский Ю. Э. Наследники инженера да Винчи. – Create Space Independent Publishing Platform, 2012. – 460 с.
2. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов: монография / Я. А. Фурман, А. В. Кривецкий, А. К. Передерев, А. А. Рожнецов и др.; под ред. Я. А. Фурмана. – М.: Физматлит, 2002. – 592 с.
3. Программируем квадрокоптер на Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.htposad.ru/tag> (дата обращения 10.11.2016).

Еруткина Наталья Эдуардовна

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(бакалавриат), гр. ИТС-11

Научный руководитель

Зуев Алексей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент,

кафедра радиотехники и радиосвязи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Рассматривается задача определения влияния среды на распространение электромагнитных волн.

Цель данной работы – изучить различные виды сред, оказывающих влияние на распространение электромагнитных волн, при помощи проведения анализа первоисточников.

В окружающей земной шар атмосфере различают две области, оказывающие влияние на распространение радиоволн: тропосферу и ионосферу.

Тропосферой называется приземная область атмосферы, простирающаяся до высоты примерно 10-15 км. Она неоднородна как в вертикальном направлении, так и вдоль земной поверхности, кроме того, ее электрические параметры меняются при изменении метеорологических условий. Распространение тропосферных волн связано с рефракцией (искривлением траектории волны) в неоднородной среде, а также с рассеянием и отражением радиоволн от различных неоднородностей.

Ионосферой называется область атмосферы, начинающаяся от высоты 50-80 км и простирающаяся примерно до 10000 км над поверхностью Земли. В этой области плотность газа весьма мала и газ ионизирован, т.е. имеется большое число свободных электронов (примерно электронов в 1 м^3 воздуха). Присутствие свободных электронов существенно влияет на электрические свойства газа и обуславливает возможность отражения радиоволн от ионосферы, которая является неоднородной средой.

Роль ионосферы весьма значительна, она образует нечто вроде природного зеркала, отражающего радиоволны. При многократном переотражении от ионосферы и Земли радиоволны распространяются на огромные расстояния при сравнительно малом поглощении.

Для достаточно коротких волн, однако, ионосфера уже не играет роль отражателя. Это обстоятельство также играет полезную роль, поскольку благодаря отмеченной прозрачности ионосферы возможна радиосвязь с космическими объектами и радиоастрономия. Радиоволны, распространяющиеся путем отражения от ионосферы или рассеяния в ней, называются ионосферными, пространственными волнами.

За пределами ионосферы плотность газа и электронная плотность уменьшаются и на расстоянии, равном 3-4,5 радиусам земного шара, атмосфера Земли переходит в космическое пространство, где газ полностью ионизирован, плотность протонов равна плотности электронов и составляет всего 2-20 эл/см³. Условия распространения радиоволн в космосе близки к условиям распространения в свободном пространстве. Таким образом, оказывается возможным рассматривать раздельно влияние на распространение радиоволн земной поверхности, тропосферы, ионосферы и космического пространства.

Кривизна земной поверхности, неровности рельефа местности и различные искусственные преграды также сильно влияют на распространение электромагнитных волн. ***В случае соизмеримости длины волны и размеров препятствий волны могут огибать их.*** К примеру, радиоволны (длинные и сверхдлинные волны) обладают способностью огибать поверхность Земли и могут распространяться на расстояния в несколько тысяч километров поверхностными лучами (рис. 1). Качество связи мало зависит от сезонов или времени суток. Однако каналы связи в этих диапазонах обладают очень узкой полосой пропускания и могут обеспечивать передачу ограниченного объема радиовещательных, телефонных, телеграфных и фототелеграфных сообщений.

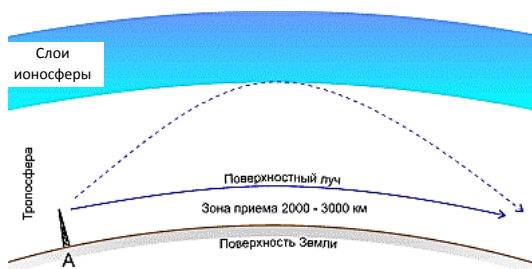


Рис. 1

Длинные и особенно сверхдлинные волны мало поглощаются при прохождении в толще суши или моря. Так, волны длиной 20-30 км могут проникать в глубину моря на несколько десятков метров и, следова-

тельно, могут использоваться для связи с погруженными подводными лодками, а также для подземной радиосвязи.

В диапазоне $1000 \dots 100$ м (средние волны) поверхностный луч претерпевает более сильные поглощения и может распространяться на расстояние 500-1500 километров. Однако при увеличении плотности ионосферы (в ночные часы) в диапазоне средних волн возможно распространение сигналов пространственным лучом, который может обеспечить связь на расстояние в несколько тысяч километров (рис. 2).

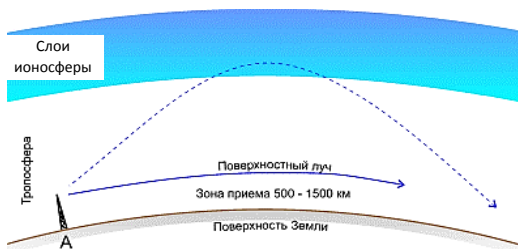


Рис. 2

Радиоволны $100 \dots 10$ м (короткие волны) поверхностными лучами распространяются на небольшие расстояния из-за поглощения энергии поверхностью Земли (рис. 3). Однако пространственные волны могут многократно отражаться от ионосферы и земной поверхности проходить очень значительные расстояния, вплоть до глобальных, обеспечивая передачу сигналов радиовещания, радиотелефонии и радиотелеграфии. Распространение волн таким способом довольно неустойчиво и подвержено сильным замираниям как медленным (в течение года, сезона, времени суток и пр.), так и быстрым, с периодом в доли и единицы секунд. Медленные замирания объясняются изменениями состояния ионосферы, а быстрые – взаимодействием множества лучей, которые могут попадать в точки приема.

В общем случае короткие волны лучше распространяются ночью и иногда способны, последовательно отражаясь от ионосферы и поверхности Земли, огибать земной шар.

Радиоволны в диапазоне от $10 \dots 1$ м до $1 \dots 0,1$ мм (рис. 4) позволяют передавать значительно более объемную информацию, включая телевизионные сигналы, сигналы многоканальной телефонии, высокоскоростные цифровые потоки. Однако пространственные волны этих диапазонов проходят через ионосферу в космическое пространство и для целей наземной связи почти не пригодны, а поверхностные волны распространяются почти прямолинейно, практически не огибая земную поверх-

ность. Поэтому они устойчиво проходят только на расстояние прямой видимости между антеннами передающего и приемного оборудования.

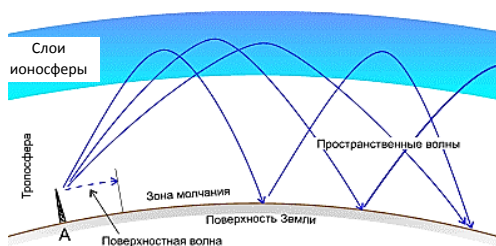


Рис. 3

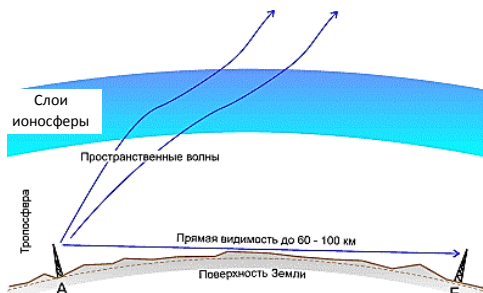


Рис. 4

С увеличением частоты (больше 10 ГГц) радиоволны ослабевают в газах атмосферы и особенно сильно – в дожде, снеге, граде. Поэтому в этих диапазонах устойчивое распространение электромагнитных волн возможно на расстоянии меньшем, чем расстояние прямой видимости.

В оптических диапазонах волн можно передавать гигантские объемы информации. В основном для целей связи применяются инфракрасные волны. При распространении в открытом пространстве они подвержены большим ослаблениям в атмосфере и практически обеспечивают связь на расстояние до 4-5 км.

В результате проделанной работы мы изучили влияние среды на распространение электромагнитных волн разных диапазонов, выяснили, от каких условий среды зависит их распространение.

Список литературы

1. Фам Хоанг Лонг. Разработка методики учета влияния ионосферы при GPS-измерениях на территории Вьетнама [Электронный ресурс]: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2014. – 17 с.

2. Гаврилова И. И., Лобач В. С. Методические указания к выполнению проекта по курсам «Радиорелейные линии и спутниковые системы передачи» и «Радиорелейная связь и телевизионное вещание» (специальности 2306 и 2307) с использованием программированных микрокалькуляторов [Электронный ресурс]. – СПб.: СПбГУТ, 1993. – Режим доступа: <http://vlobatch.narod.ru/Lecture/Less1PasprAnt.htm>.

УДК 621.385 (043.3)

Загайнов Евгений Викторович

направление Конструирование и технология электронных средств
(магистратура), гр. ЭВСм-21

Научный руководитель

Захаров Юрий Владимирович, канд. техн. наук, профессор,
кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

УСКОРЕННАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

В качестве элементной базы радиотехнических и электронно-вычислительных средств широкое применение находят интегральные микросхемы различной интеграции (микроконтроллеры, микропроцессоры, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи и др.). Интегральные микросхемы (ИМС) обладают высокой надежностью и для получения статистических данных об их отказах необходимо провести испытания при нормальных условиях эксплуатации более 5 лет. За это время полученные результаты будут уже не актуальны, причем испытания связаны со значительными материальными расходами. В целях сокращения временных и денежных затрат используют ускоренные испытания ИМС.

На сегодняшний день для ускоренной оценки надежности ИМС, т.е. для определения ухода выходного параметра микросхемы за допустимые пределы, установленные нормативно-технической документацией, выделим два метода.

Первый метод, называемый *форсированными испытаниями* [1], заключается в ужесточении эксплуатационных режимов; испытания проводятся при повышенных температуре, давлении, влажности, электри-

ческих и механических нагрузках с сохранением работоспособности ИМС. Результаты, полученные при повышенных нагрузках, экстраполируют на начальные условия эксплуатации.

Второй метод *ускоренных испытаний* основан на временной оценке поведения исследуемого выходного параметра ИМС [2]. В данном случае учитывается эволюционная тенденция процессов старения и износа материалов и элементов ИМС под воздействием эксплуатационных факторов и фактора времени, и тем самым определяется момент её отказа из-за ухода за пределы допуска выходного параметра.

Хотя форсированные испытания и позволяют ускорить процесс оценки надежности ИМС в 2-3,5 раза, но они все равно занимают продолжительное количество времени. В случае еще большего ужесточения режима испытаний существует риск невозможного перевода полученных результатов к нормальным условиям эксплуатации, что в итоге не позволит определить количественные показатели надежности ИМС. В целях сокращения времени ускоренных испытаний необходимо применение методов аналитического прогнозирования с построением математической модели зависимости выходного параметра ИМС от входных факторов (условий эксплуатации и времени). Эти модели называются регрессионно-временными.

В работе исследованы способы построения регрессионно-временных моделей на основе теории планирования активного эксперимента:

- проводя каждый опыт в плане эксперимента в течение заданного времени испытаний ИМС;
- рассматривая время испытаний ИМС в плане эксперимента как дополнительный фактор наряду с эксплуатационными факторами. В качестве критерия оценки способов рассматривалась общая продолжительность испытаний.

Получено, что включение времени в план эксперимента как дополнительного фактора при построении регрессионно-временных моделей второго порядка сокращает общую продолжительность испытаний ИМС от 10 до 48% в зависимости от типа плана эксперимента и числа входных факторов, а при построении регрессионно-временных моделей первого порядка с числом входных факторов более четырех – на 50%.

Выводы

Оптимальным методом ускоренной оценки надежности ИМС является аналитическое прогнозирование, т.е. построение математической модели изменения выходного параметра с течением времени и заданных условий эксплуатации, причем при проведении испытаний время рас-

сматривается в матрице планирования активного эксперимента как дополнительный фактор.

Список литературы

1. Захаров Ю. В., Моисеев Н. Г. Ускоренная оценка технического состояния электронных средств // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 4(13). – С. 75–81.
2. Тимонин В. И. Математические методы в теории ускоренных испытаний // Зарубежная радиоэлектроника. – 2006. – № 1. – С. 51-57.

УДК 621.3.044.1

Зверев Алексей Анатольевич

направление Конструирование и технология электронных средств
(магистратура), гр. ЭВСм-11

Научный руководитель

Кошкин Вениамин Васильевич, канд. техн. наук, доцент,

кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР СБОРКИ МОДУЛЕЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С ЦЕЛЬЮ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ

При сборке модуля печатной платы наиболее характерными дефектами, приводящими к откам аппаратуры, считаются следующие. Холодная пайка – дефект, который приводит к отсутствию образования паяного соединения по крайней мере с одной из соединяемых поверхностей вследствие отсутствия смачивания, недостаточной температуры при пайке либо относительного смещения паяемых элементов или самого припоя в процессе его кристаллизации при охлаждении. Данный дефект можно исправить только с помощью повторной пайки соединения.

При монтаже компонентов на поверхность на этапе нанесения паяльной пасты образуются перемычки, формирование которых начинается с образования мостиков из паяльной пасты.

Такие дефекты появляются вследствие следующих причин:

- а) нанесения избыточного количества пасты;
- б) расползания пасты;

- в) избыточного давления при установке компонента;
- г) смазывания пасты.

Во время пайки избыток пасты образует мостики припоя в зазорах между контактными площадками.

Еще одним фактором, влияющим на качество сборочных операций считается статическое электричество. Рабочее место монтажника-регулирущика должно быть оборудовано средствами для защиты компонентов от воздействия статического электричества.

Наиболее распространенный метод контроля операций сборки-разрушающий контроль.

Контроль ошибок установки компонентов производится с использованием установок визуального и видеоконтроля по методу сравнения изображений эталонов и рабочих образцов. Применяются также оптические системы визуального наблюдения. Наряду с оптическим контролем в зарубежном производстве используются системы внутрисхемного контроля (in-circuittest), которые позволяют обнаружить неисправные компоненты, найти короткие замыкания и отсутствие соединений, проверить полярность и исправность диодов, электролитических конденсаторов, транзисторов, измерить индуктивность и ёмкость в электрической схеме.

Процессы регулировки и настройки устройств на интегральных микросхемах сведены к минимуму. Поэтому если не работает устройство, конструктивно состоящее из нескольких печатных плат, то, помещая поочередно печатные платы в установку тестового контроля (УТК), определяют неисправную плату.

В этом случае в УТК программным способом реализуется алгоритм поиска неисправностей, основанный на сравнении выходных сигналов с контрольных точек платы с тестовыми сигналами в УТК. Если сигналы с печатной платы не совпадают с тестовыми сигналами УТК, то плата неисправна. В УТК предусмотрен также алгоритм поиска неисправного элемента на печатной плате, например, интегральной микросхемы.

Таким образом, пользователь может определить неисправный элемент в результате сравнения уровней выходных сигналов интегральных микросхем по светодиодной индикации этих уровней сигналов с уровнями сигналов рассматриваемых микросхем, указанных в контрольных картах нормативно-технической документации контролируемого РЭС.

Цель работы – анализ внешних факторов, приводящих к появлению отказов электронных модулей, и выявление оптимальных режимов работы оборудования и состава используемых материалов с тем, чтобы оптимизировать качественные показатели изделия в рамках существующей технологической схемы сборки.

Список литературы

1. Поверхностный монтаж плат [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rts-engineering.ru/Smounting/SMOboard/smVK.html> (дата обращения 10.11.16).
2. <http://www.ordinarytech.ru/erdets-974-3.html> (дата обращения 13.11.16).
3. Леухин В. Н. Радиоэлектронные узлы с монтажом на поверхность: конструирование и технология: учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 248 с.

УДК 621.372.85

**Ишкаев Тимур Маратович,
Шаронов Дмитрий Евгеньевич**

направление Радиотехника (магистратура), гр. 5294

Научный руководитель

Насыбуллин Айдар Ревкатович, канд. техн. наук, доцент
кафедра радиофотоники и микроволновых технологий
*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань*

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ВОЛНОВОД С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ И ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО СДВИГА НА ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКУ

Для радиоэлектроники последние годы характерны изучением и техническим освоением миллиметрового, субмиллиметрового и светового диапазонов электромагнитных волн. Очевидно, что ни изучение, ни освоение новых диапазонов невозможно без создания элементной базы, основу которой составляют волноводные и резонансные структуры.

Организация автоматизированного управления технологическим процессом предполагает наличие измерительных устройств для контроля технологических параметров в реальном времени. Широкое применение в задачах измерения нашли микроволновые методы и средства, в основе которых лежат принципы взаимодействия материальных сред с электромагнитными колебаниями СВЧ-диапазона [1]. Ранее были рассмотрены периодические структуры в диэлектрическом волноводе, их влияние на коэффициент передачи и отражения.

Характеристики датчиков, основанных на преобразовательных свойствах СВЧ-волновода, могут быть улучшены посредством организации сложного профиля для закона периодичности структуры. К тако-

вым можно отнести структуры, неоднородные периодическая конфигурация которых содержит фазовый сдвиг [3].

Первая модель представлена на рисунке 1, изображен диэлектрический волновод с внесенной в него периодической системой. Такой волновод может быть использован как режекторный фильтр, но для сенсорики, такой вид характеристики не является лучшим вариантом, который представлен на рисунке 2.

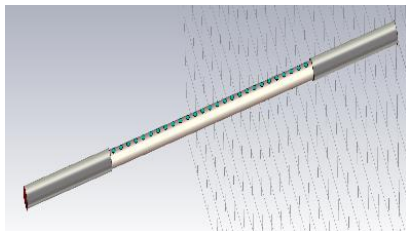


Рис. 1 – Диэлектрический волновод с внесенной периодической системой

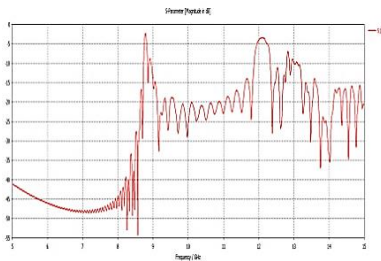


Рис. 2 – Коэффициент отражения диэлектрического волновода, представленного на рис. 1

Образованный резонанс – это результат внесения периодически расположенных неоднородностей в диэлектрический волновод. Как видно на рисунке, резонанс имеет высокую добротность и широкую полосу пропускания. Для точного измерения необходим узкий и амплитудный резонанс. Именно внесение фазового сдвига может обеспечить необходимый узкий резонанс. На рисунке 3 изображен диэлектрический волновод с внесенной периодической системой, которая имеет фазовый сдвиг, а на рисунке 4 – коэффициент отражения модели, изображенной на рисунке 3.

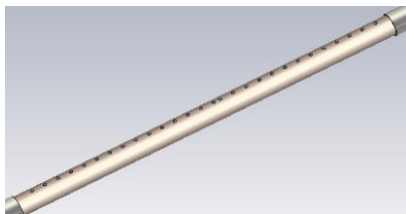


Рис. 3 – Диэлектрический волновод с внесенной периодической системой и фазовым сдвигом $\lambda/2$

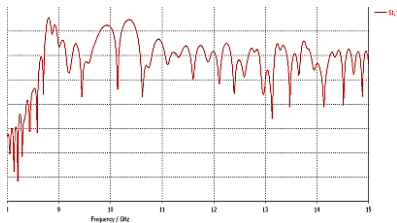


Рис. 4 – Коэффициент отражения диэлектрического волновода, изображенного на рис. 3

На рисунке 4 можно наблюдать образование узкого резонанса в характеристике отражения, отличной от представленной на рисунке 2, тем что образованный резонанс соответствует резонансной частоте исходной эквидистантной структуры.

Список литературы

1. Насыбуллин А. Р. Преобразовательные элементы на основе полосковых брэгговских структур для СВЧ датчиков параметров технологических процессов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2016. – № 3. – С. 129-131.
2. Морозов О. Г., Насыбуллин А. Р. Свойства сложно-периодических неоднородных систем в радиочастотных и оптических направляющих структурах // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2015. – № 3(18). – С. 20-22.

УДК 621.371:551.510.535

Каширов А.В.

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(бакалавриат), гр. ИТСб-41

Научный руководитель

Бастракова Марина Ивановна, канд. техн. наук доцент,

кафедра радиотехники и связи

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СРЕДНЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЫИГРЫША ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ДЕКАМЕТРОВЫХ РАДИОЛИНИЙ

Высокая надежность радиосвязи возможна только при рациональном выборе используемых рабочих частот по условиям распространения радиоволн, обеспечивающих требуемое отношение сигнал/помеха. В реальных условиях превышение данного уровня оказывается недостаточным для приема сигнала с малым уровнем помехи. Для повышения достоверности принимаемого сигнала возникает необходимость использования группы частот с автоматическим выбором рабочей частоты в любой момент времени. Данный метод подразумевает резервирование радиоканалов. Он позволяет решать проблемы, связанные не только с повышением помехоустойчивости, но и с рациональным использованием ресурсов канала связи.

Рассмотрим алгоритм определения среднего энергетического выигрыша при групповом использовании частот. Условием перехода на новую частоту приема является превышение уровня сигнал/помеха над его допустимым уровнем:

$$z(t) < z_{\text{доп}}.$$

Тогда, согласно этому условию, результирующее превышение уровней сигнал/помеха в данной системе опишется следующим выражением:

$$\begin{aligned} Z = & z_1 D(z_1 - z_{\text{доп}}) + z_2 D(z_{\text{доп}} - z_1) D(z_2 - z_{\text{доп}}) + \dots + \\ & + z_Q D(z_{\text{доп}} - z_1) \dots D(z_{\text{доп}} - z_{Q-1}) D(z_Q - z_{\text{доп}}) + N(z_1, \dots, z_Q) \times \\ & \times \prod_{i=1}^Q D(z_{\text{доп}} - z_i), \end{aligned}$$

где z_i – превышение уровня сигнала над помехой на i -ой частоте;

$D(\varepsilon)$ – функция, равная 1, при $\varepsilon \geq 0$, и равная 0, при $\varepsilon < 0$;

$$N(z_1, \dots, z_Q) = \begin{cases} z_1 \text{ в момент времени } t_1; \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ z_Q \text{ в момент времени } t_Q \end{cases}$$

Интегральная функция распределения вероятности запишется следующим образом:

$$\begin{aligned} P(Z' < Z) = & F\left(\frac{Z - z}{\sigma_z}\right) F^{Q-1}\left(\frac{z_{\text{доп}} - Z}{\sigma_z}\right) + D(Z - z_{\text{доп}}) \cdot \\ & \cdot \left[F\left(\frac{Z - z}{\sigma_z}\right) - F\left(\frac{z_{\text{доп}} - Z}{\sigma_z}\right) \right] \cdot \left[1 - F^{Q-1}\left(\frac{z_{\text{доп}} - Z}{\sigma_z}\right) \right] F^{-1}\left(\frac{z_{\text{доп}} - Z}{\sigma_z}\right). \end{aligned}$$

Плотность распределения вероятностей превышения сигнал/помеха при работе на любой доступной частоте зарезервированного канала записывается так:

$$\omega_Q(Z) = \omega(Z) F^{Q-1}\left(\frac{Z - \bar{Z}}{\sigma_z}\right) + \omega(Z) \left[1 - F^{Q-1}\left(\frac{Z - \bar{Z}}{\sigma_z}\right) \right] \cdot \left[F^{Q-1}\left(\frac{Z - \bar{Z}}{\sigma_z}\right) \right],$$

где $\omega(Z)$ – логарифмически нормальная плотность распределения вероятностей превышения на любой одной случайно выбранной частоте. При этом среднее значение в рабочем канале записывается как

$$(\bar{Z})_Q = \int_0^Z Z \omega_Q(Z) dZ = H_{0,5} \exp\left(\frac{\sigma_z^2}{2M_1^2}\right) V(\xi, Q),$$

где $H_{0,5}$ – квантиль уровня Z при вероятности 0.5;

$M_1 = 20 \lg(e)$ – коэффициент перехода от натуральных логарифмов к десятичным (при расчетах в децибелах);

$V(\xi, Q) = F^{Q-1}(\xi) + \frac{1 - F^{Q-1}(\xi)}{F(-\xi)} F\left(\frac{\sigma_z}{M_1} - \xi\right)$ – промежуточная функция для $\xi = -\frac{Z - \bar{Z}}{\sigma_z}$.

Таким образом, средний энергетический выигрыш при использовании группы частот по сравнению с работой на одной частоте в децибелах равен

$$\Delta Z(Q, Z, \sigma_z, Z_\partial) = 20 \lg \frac{{}^{(z)}Q}{z_1} = 20 \lg V(\xi, Q),$$

где z_1 – превышение SNR при работе на одной текущей частоте;

z_∂ – допустимое значение превышения SNR;

z_Q – превышение SNR при работе на Q частотах.

Список литературы

1. Комарович В. Ф., Сосунов В. Н. Случайные радиопомехи и надежность КВ связи. – М.: Связь, 1977. – 136 с.

Ковалев Егор Владимирович

направление Конструирование и технология электронных средств
(магистратура), гр. ЭВСм-11

Научный руководитель

Кошкин Вениамин Васильевич, канд. техн. наук, доцент,
кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УЧЕТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Актуальность темы

В работе рассматривается весьма актуальная для современного российского общества задача – разработка автоматизированных систем учета реального потребления энергетических ресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве. Приводится общая ситуация на текущий момент в предметной области, формулируются основные цели и задачи, которые необходимо решить при разработке системы комплексного учета реального потребления энергоресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Сегодня на рынке подобных систем представлены лишь специализированные системы, такие как системы автоматизированного учета электроэнергии и системы «умный дом», ориентированные на индивидуального пользователя. Начинают появляться и первые модели систем, которые осуществляют учет не только электроэнергии, но и потребления природного газа, водопотребления.

Создание системы комплексного учета газо-, энерго- и водоснабжения позволяет решить достаточно большой объем задач, связанных не только с учетом, но и с формированием тарифных ставок.

Подобная система имеет достаточно большой экономический эффект для всех участников потребления энергоресурсов. Поставщики получают в максимально возможном объеме деньги за предоставленные ресурсы, а потребители, в свою очередь, платят только за то, что потребовали. Однако наряду с этим существует понятие коммерческих потерь при поставке коммунальных ресурсов потребителям, так как значительная часть ныне функционирующих электроизмерительных приборов не соответствует техническим и экономическим требованиям, в результате

чего поставщики вынуждены компенсировать эти потери за счет потребителей, поэтому разработка системы по комплексному учету потребления энергоресурсов – задача весьма актуальная.

Целью исследования является изучение структуры отдельных систем учета энергоресурсов для создания обобщенной системы.

Основные задачи исследования:

- 1) разработать диаграмму потоков данных для отображения основных процессов;
- 2) определить основные функции, выполняемые системой по учету энергоресурсов;
- 3) определить данные, передаваемые от каждого промежуточного этапа и воздействия, определяющие их формат.

Систему учета можно разбить на две функциональные части:

- сбор и подготовка информации,
- обработка полученной информации.

На процесс генерации данных влияют такие параметры, как технические характеристики средств учета коммунальных ресурсов и их взаиморасположение.

Выводы

Построение функциональной модели и диаграммы потоков комплексной системы учета энергоресурсов позволяет определить основные этапы формирования необходимой для функционирования системы информации, определяя требуемые входные данные и структурные элементы, на которые они воздействуют, и предоставляет исходную информацию для построения формализованной модели.

Таким образом, необходимыми данными для формирования выходных документов (счетов на оплату за потребление коммунальных ресурсов) и принятия решения о проведении технических работ являются данные по всему объекту учета и по всем коммунальным ресурсам, а также выходные данные от модели прогнозирования.

В ходе исследования должны быть:

- определены основные функции, выполняемые системой по учету энергоресурсов;
- сформулированы протоколы данных, передаваемых от каждого промежуточного этапа, и воздействия, определяющие их формат;
- разработана диаграмма потоков данных для отображения основных процессов.

Список литературы

1. К вопросу оценки надежности системы мониторинга электроэнергетического комплекса коттеджного поселка / В. А. Атрощенко, Р. А. Дьяченко,

УДК 628.382

Костик Никита Русланович

направление Электроника и нанoeлектроника (бакалавриат),
гр. ЭиН-41

Научный руководитель

Сушенцов Николай Иванович, канд. техн. наук, доцент
кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический
университет», г. Йошкар-Ола*

ПРИМЕНЕНИЕ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ В КАЧЕСТВЕ МАТЕРИАЛА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Данная работа посвящена вопросам современной электроники, их решениям и возможности применения нитрида алюминия в качестве материала для создания многослойных тонкоплёночных конденсаторов. Рассмотрев вкратце характеристики современных применяемых материалов, автор останавливается на нитриде алюминия, так как он обладает выдающимися свойствами.

Актуальность темы

Конденсаторы являются неотъемлемой частью любой микросхемы. Они применяются там, где необходима способность работать с сигналами меняющейся полярности, необходимы хорошие частотные характеристики, малые потери, незначительные токи утечки, небольшие габаритные размеры и низкая стоимость. Но из-за проблем, связанных с их производством, они применяются в основном при необходимости малых емкостей.

Также немаловажной проблемой является ограничение пространства на подложке микросхемы, а следовательно, ограниченное количество элементов, которое можно разместить на ней. Однако применение многослойной структуры позволяет решить вопрос использования доступного пространства. Благодаря использованию данной технологии, качественные характеристики конденсатора возможно увеличить, не изменяя размеров отведенного пространства на поверхности микросхемы.

Все это показывает перспективность исследований в данном направлении.

На данный момент современная электроника имеет тенденцию к микроминиатюризации, что вынуждает не только разрабатывать новые методы исполнения компонентов, но и применять новые материалы для решения поставленных задач. Однако с процессом микроминиатюризации приходит множество проблем:

- уменьшение размеров – естественное стремление сделать продукцию компактнее и легче;
- повышение требований к выполняемым функциям – с развитием технического прогресса перед электронным оборудованием ставятся все более и более трудные задачи, приводящие к усложнению микросхем;
- рост числа компонентов – с увеличением требований к продукции растут и потребности в больших производительных возможностях микросхем;
- возрастание числа межсоединений – большое количество компонентов приводит к закономерному увеличению их соединений не только с поверхностью микросхемы, но и между собой, что уменьшает и так ограниченное пространство;
- ограниченное пространство кристалла микросхемы – площадь современных микросхем едва превышает 1 квадратный сантиметр, что также сказывается на сложности размещения компонентов.

Предлагаемое решение

Для решения данных проблем предлагается технология использования многослойных тонкопленочных конденсаторов на основе нитрида алюминия.

В современное время керамика на основе нитрида алюминия привлекает к себе все больше внимания для использования в качестве перспективного материала не только в конструировании силовых устройств, светодиодов и СВЧ-транзисторов, но и в качестве диэлектрического материала в тонкопленочных конденсаторах (ТПК).

В данной статье предлагается решение, благодаря которому возможно «объединение» нескольких слоев конденсатора в одном корпусе для достижения наибольшей эффективности. Этот принцип основан на использовании нескольких слоев многослойного тонкопленочного конденсатора, что позволяет рационально использовать доступное пространство. Использование метода многослойной структуры эквивалентно параллельному соединению нескольких конденсаторов.

Главной особенностью нитрида алюминия является его высокая диэлектрическая проницаемость по сравнению с аналогами (см. таблицу).

Эта характеристика наиболее важна при использовании материала в качестве диэлектрического слоя в конденсаторе. Такие характеристики, как высокая теплопроводность, высокое электрическое сопротивление и плотность выгодно отличают нитрид алюминия от аналогов.

Характеристики применяемых материалов

Физические свойства	Al ₂ O ₃	SiC	AlN	BeO
Диэлектрическая проницаемость при частоте 1 МГц	9,7	6,7	11,5	6,3
Теплопроводность при 25°С, Вт/мК	20-30	150	160-240	220-240
Плотность, г/см	3,97	3,21	3,26	3,01
Коэффициент температурного линейного расширения (×10 ⁻⁶ /°С)	6,7-7,3	3,7	4,3-4,6	7,5-7,8

Для получения диэлектрического тонкоплёночного слоя нитрида алюминия применяется метод магнетронного напыления. Работа магнетронного распылительного устройства основана на свойствах катодной области аномального тлеющего газового разряда, в которой катод распыляется под действием ионной бомбардировки.

Приложенное в области катода перпендикулярно электрическому магнитное поле позволяет снизить рабочее давление плазмообразующего газа без уменьшения интенсивности ионной бомбардировки и улучшить условия транспортировки распыляемого вещества к подложке. Это происходит благодаря уменьшению рассеяния, вызванного соударениями с молекулами газа. Между катодом и подложкой возникает зона низкотемпературной плазмы. Распыляемые частицы осаждаются в виде тонкого слоя, а также частично рассеиваются и осаждаются на стенках рабочей камеры.

Варьируя содержание реактивного газа и скорость напыления, удается получать пленки разной толщины, химического и фазового состава.

Характерной особенностью магнетронов является использование специальной магнитной системы, которая создает над распыляемой мишенью замкнутое по контуру туннелеобразное магнитное поле. Благодаря этому полю, создаются условия для получения локализованной плазмы высокой плотности и соответственно высокой плотности ионных токов, распыляемых мишенью. В результате достигается высокая производительность распыления материалов. Конструктивные принципы построения магнетронных устройств позволяют достаточно просто реализовать задачу нанесения однородных покрытий на широкоформатные поверхности.

В отличие от других способов нанесения тонкопленочных покрытий, способ магнетронного распыления позволяет достаточно тонко регулировать толщину металлического слоя, а значит, его сопротивление, что очень важно при создании структур с определенной проводимостью.

Выводы

Использование многослойных структур для создания пленочных конденсаторов обусловлено необходимостью увеличения диэлектрической проницаемости, а также возможностью уменьшить размеры конденсаторов. Благодаря наибольшей эффективности, метод магнетронного распыления применяется для создания диэлектрических и проводящих плёночных слоев.

В данной технологии могут быть заинтересованы различные предприятия электронной промышленности, малые инновационные предприятия, а также предприятия энергетической промышленности.

Создание технологичного и экономичного метода получения керамики с высокой теплопроводностью и высокой диэлектрической проницаемостью возможно при использовании метода магнетронного распыления. Данный метод обеспечивает высокую плотность и теплопроводность керамики на основе нитрида алюминия.

Учитывая вышесказанное, можно утверждать, что благодаря своим качественным характеристикам нитрид алюминия является наиболее предпочтительным материалом для создания пленочных конденсаторов.

Список литературы

1. Ефимов И. Е., Козырь И. Я. Основы микроэлектроники: учебник. – СПб.: Лань, 2008. – 384 с.
2. Казарновский Д. М. Сегнетокерамические конденсаторы. – М.: Госэнергоиздат, 1956.
3. Ротенберг Б.А. Керамические конденсаторные диэлектрики. – Санкт-Петербург, 2000.
4. Красильщиков М., Смирнов В., Шалаева А. Керамические проходные ФНЧ с малыми потерями // Электроника: НТБ. – 2009. – № 7, 8.
5. Гетероэпитаксиальный рост пленок SiC на основе подложек AlN/Al₂O₃ / А. Н. Кузнецов, А. А. Лебедев, М. Г. Растагаева, Н. А. Рогачев, Е. И. Теруков, М. П. Щеглов//Физика и техника полупроводников. – 1995. – № 8. – С. 141-147.
6. Термодинамические свойства индивидуальных веществ. Справочное издание. – М.: Наука, 1978. – Т. 1, кн. 1.

Кузаний Михаил Санасарович

направление Электроника и нанoeлектроника (магистратура), гр. ЭиНЭм-11,

Чавайн Юрий Сергеевич, аспирант

кафедра радиотехники и связи

Научный руководитель

Леухин Владимир Николаевич, канд. техн. наук, доцент

кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический
университет», г. Йошкар-Ола*

СТЕНД УПРАВЛЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ УСТРОЙСТВ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО ТРАКТА

В настоящее время устройства приёмо-передающего тракта (ППТ), такие как фазовращатели, аттенюаторы, усилители, генераторы, фильтры, получают широкое распространение в различных областях техники как гражданского так и военного назначения. Устройства ППТ имеют самое широкое назначение: от систем связи и медицинского оборудования до систем навигации и радиолокации.

ППТ состоит из большого числа функциональных устройств с разнообразным функционалом и особенностью управления. При производстве таких устройств ППТ необходимо проведение настройки, тестирования и испытаний, что требует многочисленных ресурсов на разработку стендового оборудования и организации рабочих мест. Для обеспечения полноценной проверки необходима полная имитация работы в составе изделия со всеми возможными вариантами управляющих воздействий и анализом контрольных точек.

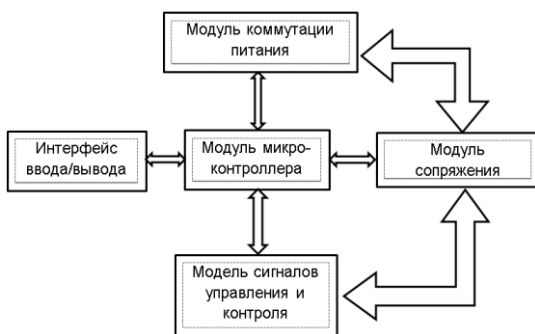
На практике для каждого отдельного устройства создается уникальный стенд, функциональность которого ограничена заданными требованиями. Подобный подход применим для организации крупносерийного производства и малоэффективен при мелкосерийном, а в случае единичного изготовления макетных или опытных образцов и вовсе может быть неприемлем ввиду значительных затрат на разработку и изготовления стенда. Конечно, на мировом рынке существуют многофункциональные тестовые установки, но их применение ограничено высокой себестоимостью и сложностью эксплуатации.

Учитывая вышеизложенное, можно утверждать, что в настоящее время имеется потребность разработки стенда с достаточным набором функций, необходимых для тестирования различных типов устройств ППТ, обладающего универсальностью с возможностью быстрой модернизации.

С целью определения функциональных возможностей и режимов работы проанализированы основные типы устройств ППТ и на основе полученных результатов сформулированы требования к многофункциональному стенду:

- возможность проводить исследование устройств ППТ на одном многофункциональном стенде без существенных доработок на стадии НИР, ОКР (эскизный проект, макетирование, настройка);
- возможность проводить разработку стендов и оптимизировать внедрение стендового оборудования в производство;
- обеспечение сопряжения испытуемых устройств с испытательной контрольно-измерительной аппаратурой,
- управление режимами работы устройств;
- обеспечение проверки применяемых схемных и программных решений.

На основе данных требований разработана структурная схема устройства, показанная на следующем рисунке:



Структурная схема стенда

Стенд входит в область исследования технологии и оборудования для электронного и радиотехнического производства.

Предмет исследования – схемные решения, алгоритмы и методики управления устройствами ППТ.

Целью исследования является разработка стенда управления и функционального контроля.

В ходе выполнения работы необходимо решить следующие **задачи**:

- анализ устройств приемо-передающего тракта и режимов их работы (напряжения питания, уровни логических сигналов);
- разработка функциональной и структурной схемы;
- выбор элементной базы;
- разработка принципиальной схемы;
- разработка печатных плат;
- сборка макетов функциональных устройств;
- испытание функциональных узлов и проведение исследований;
- испытание в составе измерительного аппаратно-программного комплекса.

Для этого используются следующие **методы**:

- компьютерное моделирование;
- проведение эксперимента тестирования устройств ППТ;
- сравнительный анализ времени тестирования устройств без стенда и с применением стенда.

Выводы

Перечисленный набор возможных функций позволяет разрабатываемому стенду быстро перестраиваться под производственные задачи, испытывать различной модификации приёмо-передающие устройства, а также имеет возможность модернизации при решении новых задач.

Благодаря таким характеристикам, стенд можно применять на производстве в целях организации автоматизированных рабочих мест, что позволяет ускорить процесс наладки и выпуска новой продукции.

Список литературы

1. Андронов Е. В., Глазов Г. Н. Теоретический аппарат измерений на СВЧ – Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. – 804 с.
2. Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений. – М.: Мир, 1990. – 535 с.
3. Разинкин В. П. Широкополосные управляемые СВЧ устройства высокого уровня мощности. – М.: НГТУ, 2006. – 356 с.
4. Боголюбов В. Н., Ескин А. В. Управляемые ферритовые устройства СВЧ. – М.: Советское радио, 1972. – 74 с.

Кукушкина Марина Юрьевна,
направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-12

Научный руководитель
Зуев Алексей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент,
кафедра радиотехники и связи
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический
университет» г. Йошкар-Ола*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОШИРОТНОГО ВЛИЯНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО РАБОТЫ ТРАНСИОНОСФЕРНОГО КАНАЛА В ГОРОДАХ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Актуальность темы

Полное электронное содержание ионосферы и его изменение во время магнитных бурь имеет важное значение при оценке качества работы трансionoсферного канала. Статья посвящена разработке экспериментальной модели оценки параметров трансionoсферного радиоканала в городах Уральского федерального округа.

Качество работы трансionoсферного канала напрямую зависит от геомагнитной обстановки в данном регионе. Поэтому актуальной задачей является оценка влияния геомагнитных условий на его работу.

Цель исследования – экспериментально оценить влияние магнитных бурь на качество трансionoсферного канала.

Задачи исследования:

- выполнить выбор аппаратной и программной части для проведения натурного эксперимента;
- разработать методику исследования;
- провести натурный эксперимент при помощи радионавигационного приемника;
- произвести конвертирование данных в формат RINEX;
- провести анализ радионавигационных параметров при разных сезонах и в различных городах европейской части России.

Объектом и предметом исследования являются трансionoсферный канал, влияние геомагнитных условий на работу трансionoсферного канала.

Применяемые методы исследования: методы сравнительного анализа, методы синтеза, статистической обработки данных и математического моделирования.

В настоящее время интенсивно развиваются глобальные навигационные спутниковые системы GPS и ГЛОНАСС, которые предназначены для определения местоположения пользователя на основе регистрации радиосигналов навигационных спутников. При проходе сигнала через ионосферу возникает ионосферная задержка.

Таким образом, ионосфера становится одним из источников ошибки в определении местоположения пользователя. Величина задержки пропорциональна полному электронному содержанию (ПЭС) вдоль траектории распространения волны. Изменения ПЭС вызывают пропорциональные изменения фазы и искажения амплитуды радиосигнала. Следовательно, чем точнее будет описано пространственно-временное распределение концентрации в ионосфере, тем точнее можно будет определить положение пользователя [3].

Состав любой Глобальной Навигационной Спутниковой Системы (ГНСС) состоит из трех основных подсистем: подсистема Навигационных Искусственных Спутников Земли (НИСЗ) (космического сегмента); наземный командно-контрольный комплекс (сегмент управления); потребители навигационного оборудования (потребительский сегмент).

На сегодняшний день существует два полностью развернутых ГНСС: русская система ГЛОНАСС и GPS американская система глобального позиционирования. Согласно данным [1], на 15.06.2016 система ГЛОНАСС состоит из 28 космических аппаратов (КА). Из них 24 спутника используют по прямому назначению; 1 – на этапе ввода в систему; 1 – на исследовании Главного конструктора; 1 – в орбитальном резерве и 1 устройство находится на стадии летных испытаний.

Спутниковая группировка американской системы GPS на июнь 2016 г. включает 32 КА, из которых: 31 аппарат используется по целевому назначению и 1 временно выведен в техобслуживание.

Недостающая точность определения пространственно-временных координат самих ресурсов ГНСС, с одной стороны, и потребность в ней, а также увеличение проникновения ГНСС в различных областях деятельности человека, включая высоконаучные области, с другой стороны, обязаны отыскивать дополнительные ресурсы для улучшения точности навигационных характеристик. Этот поиск привел к созданию новых международных служб и организаций, а также их взаимодействия с существующими, чтобы следить за состоянием космической группы ГНСС, содержимое сетей базовых станций, алгоритм расчета

параметров вращения земной окружности, контролируя состояние атмосферы, и так далее. Основная цель этих услуг – создание архива прецизионных данных, которые могут потребоваться в оперативной и постобработке данных навигации.

Одной из первых таких служб, на которые стоит обратить особое внимание, является международная служба IGS. Начальной целью IGS являлось обеспечение высокой точности определения параметров спутниковых орбит ИСЗ, ПВЗ, координат и смещения станций. Но главная задача заключается в оказании поддержки и программного обеспечения IGS геодезических и геофизических исследований с помощью данных измерений GPS.

IGS собирает, архивирует и предоставляет данные, удовлетворяющие их требованиям к точности широкого спектра применений GPS. Эти данные используются для получения (генерации) следующих так называемых продуктов GPS:

- точных эфемерид орбит всех спутников СНС GPS (с точностью 5-10 см);
- параметров вращения Земли;
- скоростей и координат постоянно действующих станций в системе ITRF (совместно с IERS);
- станций слежения и поправок часов GPS;
- информации ионосферы;
- информации тропосферы;
- измерений-GPS в формате RINEX для каждой станции.

С середины 2000–х годов начато активное использование сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) GPS и ГЛО-НАСС для определения ПЭС в ионосфере Земли.

Данные для обработки представляют собой файлы в формате RINEX. Предпосылкой для разработки аппаратно-независимого формата обмена навигационными данными RINEX (ReceiverIndependentExchangeFormat) было упрощение обмена GPS данными, которые были собраны в течение большой европейской кампании «GPS EUREF 89» с помощью более чем 60 приемников четырех различных производителей [2].

Главным подходом к разработке формата был следующий факт – большая часть геодезического программного обеспечения обработки данных GPS использует определенный набор наблюдений: фазовые измерения на одной или двух несущих частотах (в действительности являющиеся результатом измерения биений частоты между принятой несущей спутникового сигнала и генерируемой приемником опорной частоты).

Список литературы

1. Информационно-аналитический центр контроля ГЛОНАСС и GPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.glonass-iac.ru/> (дата обращения 21.10.2016).
2. Афраймович Э. Л., Паламарчук К. С., Татаринов П. В. Тестирование моделей ионосферы IRI-2001 И IRI-2007 с использованием данных спутниковых высотомеров TOPEX/POSEIDON и JASON-1 // Изв. вузов. Радиофизика. – 2009. – С. 370-384.
3. Власов А. А., Кузьминых Е. В., Чукин В. В. Оценка способов определения полного электронного содержания в ионосфере.

УДК 614.842.47

Лопатин Сергей Викторович

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи,
гр. ИТСм-22

Научный руководитель

Зуев Алексей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент,
кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

МОДИФИКАЦИЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ОПТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛАЗЕРНОЙ ПРОТИВОДЫМОВОЙ ЭВАКУАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

В проекте создания лазерной противодымовой эвакуационной системы для проецирования направления эвакуации используется голографический оптический элемент (ГОЭ) на основе фазовой пропускающей голограммы. В данном проекте ГОЭ создается как голограмма Лейта и Упатниекса.

Голограмма Лейта и Упатниекса – это пропускающая внеосевая голограмма, обеспечивающая пространственное разделение восстановленной (дифрагированной) волны и волны, прошедшей через голограмму без дифракции [1].

На рисунке 1 показана типовая схема создания этой голограммы (рис. 1а) и восстановления изображения (рис. 1б): О – объект, РС – регистрирующая среда, Г – голограмма; I_0 , I_{+1} , I_{-1} – волны соответствующих порядков дифракции.

Особенности схемы создания голограмм Лейта и Упатниекса:

- наблюдение только одного изображения;
- необходимость использования источников монохроматического излучения (лазеров) при считывании;
- более высокая пространственная частота интерференционной картины по сравнению со схемой Габора [1].

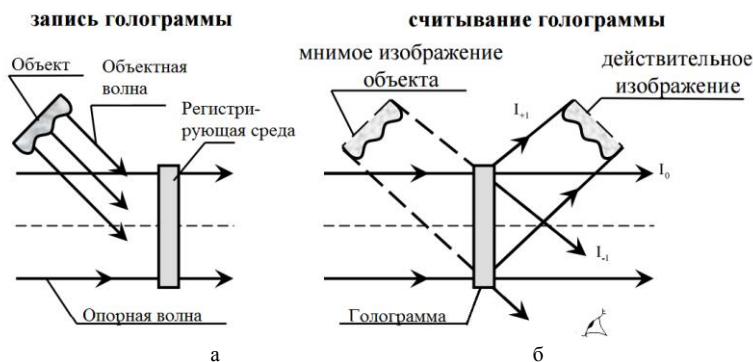


Рис. 1 – Схема записи (а) и считывания (б) голограммы Лейта и Упатниекса:
РС – регистрирующая среда

В соответствии со схемой, представленной на рисунке 2, были созданы голографические оптические элементы, восстанавливающие изображение зеленой стрелки.

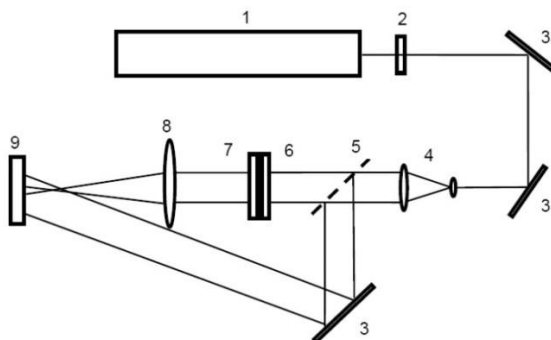


Рис. 2 – Схема записи ГОЭ

Основные оптические элементы установки: 1 – He-Ne лазер, 2 – затвор, 3 – зеркала, 4 – коллиматор, 5 – светоделитель, 6 – диффузор, 7 –

транспарант с изображением объекта, 8 Фурье-объектив, 9 – регистрирующая среда.

На рисунке 3 представлено сравнение предварительных ГОЭ и последних данных. В результате оптимизации фотополимера и создания нового транспаранта удалось достичь минимизации шумов рассеяния, увеличения яркости. Размеры изображения увеличены в два раза (на расстоянии от голограммы 2 м с 10 см до 20 см).

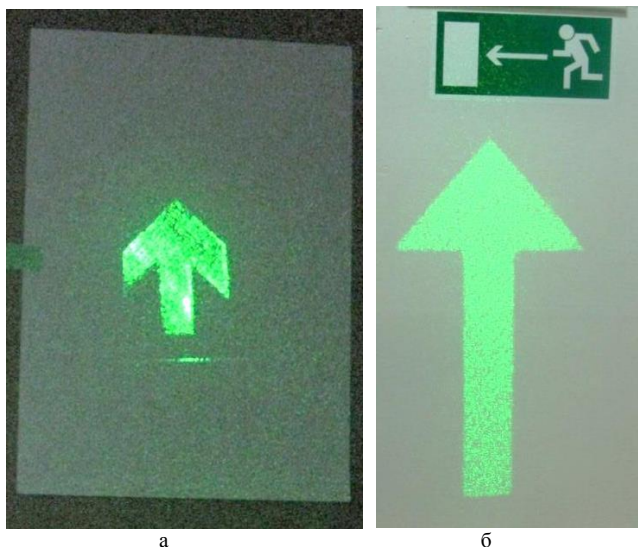


Рис. 3 – Предварительные эксперименты по получению голограмм (а),
и конечный результат (б)

Эксперименты показали эффективность использования ГОЭ, а именно голограмм Лейта и Упатниекса в лазерной противодымовой эвакуационной системе.

Работа выполнена при поддержке гранта Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Список литературы

1. Андреева О. В. Прикладная голография: учебное пособие. – СПб.: СПбГУИТМО, 2008. – 184 с.
2. Лопатин С. В. Использование голографии в лазерных указателях // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы Всероссийской студенческой конференции (Йошкар-Ола, 23-28 ноября 2015 г.): в 8 ч.

Ч. 3. Новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники для прорывных отраслей промышленности. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. – С. 82-84.

УДК 630*434

Нечунаев Юрий Владимирович

направление Радиотехника (магистратура), гр. РТм-11

Научный руководитель

Роженцов Алексей Аркадьевич, д-р техн. наук, профессор,

кафедра радиотехнических и медико-биологических систем

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,

г. Йошкар-Ола

РАЗРАБОТКА 3D-ПРИНТЕРА

Рассматривается задача поэтапной разработки 3D-принтера с принципиально новой технологией печати за счет распараллеливания печатающих устройств.

Научное исследование посвящено разработке такого строительного 3D-принтера, который, по сравнению с существующими аналогами, будет печатать элементы строительных конструкций значительно быстрее.

Актуальность темы

Анализируя данные о существующих на данный момент 3D-принтерах, которые применяются в строительстве, можно сделать вывод о том, что в конструкции всех этих моделей используется только одно печатающее устройство (схема 1). Для того чтобы напечатать один слой конструкции, печатающее устройство (далее – ПУ) должно охватить всю площадь рабочего стола.

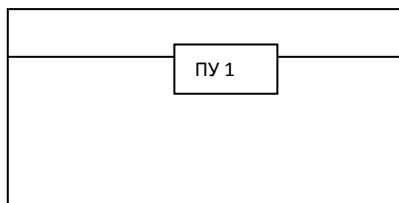


Рис. 1 – Схема 1

Достоинством технологии 3D-печати в строительстве является возможность изготовления сложных конструкций и конструкций с нестан-

дартными размерами непосредственно на строительной площадке в момент, когда они необходимы. Это позволяет экономить время на заказ, доставку и подгонку конструкций, а также существенно снизить транспортные расходы.

На практике скорость печати низкая, это связано с существующим уровнем технологий, по которым производятся данные принтеры.

Все представленные на рынке 3D-принтеры, используемые для печати строительных конструкций, обладают целым рядом недостатков. Основные из них:

- низкая производительность;
- невозможность или сложность выполнения нестандартных операций;
- ограниченное количество видов применяемого сырья для строительства.

В процессе разработки строительного 3D принтера существует возможность создания принтера с несколькими печатающими устройствами, что позволит повысить скорость работы и привлекательность данных устройств.

Задачи исследования

- определить размеры макета и тип используемого материала;
- разработать механическую часть действующего макета 3D-принтера;
- разработать систему параллельной подачи материала через несколько печатающих устройств;
- разработать программное обеспечение для управления процессом печати [2];
- рассчитать эффективность созданного макета и полученный прирост скорости печати.

В качестве объекта исследования рассматривается 3D-принтер, который используется в строительстве для печати строительных конструкций.

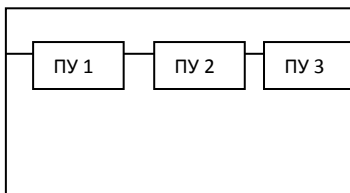


Рис. 2 – **Схема 2**

Предметом исследования в данном случае является процесс создания 3D-принтера с технологией параллельной печати с помощью нескольких печатающих устройств (схема 2).

Данное решение позволит производить печать одного слоя за один проход.

Первоначально используются метод системного анализа и метод цифровой обработки сигнала [3]. Далее будут применены методы анализа и моделирования.

Программа (план) исследования

Описание проблемы, объекта, предмета исследования, цели, гипотезы, задачи – 1 семестр 2016-2017 учебного года.

Определить размеры макета и тип используемого материала. Разработать механическую часть действующего макета 3d принтера. – 2 семестр 2016-2017 учебного года.

Разработать систему параллельной подачи материала через несколько печатающих устройств – 1 семестр 2017-2018 учебного года.

Разработать программное обеспечение для управления процессом печати.

Рассчитать эффективность созданного макета и полученный прирост скорости печати – 2 семестр 2017-2018 учебного года.

Ожидаемый результат:

- ▶ Разработка печатающей матрицы, способной задействовать множество печатающих головок одновременно.

- ▶ Создание действующего макета 3D-принтера в уменьшенном масштабе [4].

Проверка правильности модели:

- ▶ Создание математической модели в Mathcad.

- ▶ Создание действующего макета 3D-принтера в уменьшенном масштабе

Для того чтобы оценить технологичность и эффективность 3D-принтера можно использовать формулу

$$K_y = D_y + E_y/Q_n,$$

где K_y – коэффициент унификации;

E_y – количество наименований унифицированных сборочных единиц;

D_y – количество унифицированных деталей, не вошедших в состав сборочных единиц;

Q_n – количество наименований в изделии без стандартного крепежа.

Для дальнейшего расчета экономической эффективности проекта, необходимо выполнение поставленных задач и создание макета устройства.

Список литературы

1. Все самое интересное про 3D-принтеры и 3D-печать [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://make-3d.ru> (дата обращения 20.11.2016).
2. Леухин А. Н., Роженцов А. А. Метод синтеза сложных сигналов по функции неопределенности // Цифровая обработка сигналов и ее применение: материалы 1-й Междунар. конференции и выставки. – М., 1998. – Т. 3.
3. Комплекснозначные и гиперкомплексные системы в задачах обработки многомерных сигналов: монография / Я. А. Фурман, А. А. Крещевский, А. А. Роженцов, Р. Г. Хафизов, А. Н. Леухин, И.Л. Егошина; под ред. Я.А. Фурмана. – М.: Физматлит, 2004. – 456 с.
4. Киреев М. А. Современные зарубежные микросхемы. – М.: Полиграфист, 2004. – 545 с.

УДК 004.41

Никитин Петр Владимирович

направление УИТС (магистратура), гр. УИТСм-11

Научный руководитель

Горохова Римма Ивановна, канд. пед. наук, доцент,

кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННЫМ ОБУЧЕНИЕМ

Первоочередной задачей в сфере высшего образования Российской Федерации является улучшение качества подготовки специалистов технической направленности, предоставление возможностей для осуществления их индивидуальных целей и достижений.

Новые стандарты подготовки бакалавров нормативно устанавливают возможность «...организации применять электронное обучение и дистанционные образовательные технологии», а также возможность «реализации программы бакалавриата с использованием сетевой формы обучения».

Для поддержки формирования компетентности выпускника вуза и оптимизации индивидуальной образовательной траектории можно использовать информационную систему управления. Система осуществляет сбор, ввод, учет и хранение информации о достижениях студентов по изучаемым ими дисциплинам. В состав системы входят средства поддержки, контроля и анализа, которые позволяют полностью автома-

тизировать процессы, связанные с учетом личных данных студентов, анализом полученных оценок и уровня сформированности компетенций, индивидуальной образовательной траектории и ее оптимизации.

Информационная система состоит из четырех блоков «Сбор информации», «Подготовительный этап», «Оценка уровня сформированности компетентности», «Построение образовательной траектории», последовательное выполнение которых позволяет решить задачи оценки уровня сформированности компетентности студента на определенном этапе образовательного процесса и оптимизировать его дальнейшую образовательную траекторию.

Система позволяет функционировать в режимах администратора и пользователя. В режиме администратора проектируется хранилище данных, производится настройка обучения деревьев решений и нейронной сети, существует возможность изменения сценария.

Таким образом, смоделированная система позволяет организовывать индивидуализированное обучение на основе междисциплинарной интеграции и внутренней дифференциации, что позволит повысить качество образования обучаемых.

Для организации индивидуализированного обучения, основанного на междисциплинарной интеграции и внутренней дифференциации, нами была разработана автоматизированная система построения индивидуальных траекторий обучения студентов (РОСПАТЕНТ №2013661179), позволяющая реализовать вышеописанный подход [5].

Моделирование данной системы выполнено на основе теории конечных автоматов. Управление переходами между модулями изучаемых дисциплин, интернет-тренажером и преподавателем осуществляется с применением автомата Мура. В представленной модели на каждом этапе работы системы учитывается состояние автомата в определенный момент времени и выполняется управление переходами между различными модулями и состояниями.

Входной алфавит автомата представляет собой интегрированный показатель, соответствующий уровню сложности заданий, и показатель траектории обучения (ретроспектива) $A = \{A_0, A_1\}$. A_0 – компетенции не сформированы, A_1 – компетенции сформированы.

Выходной алфавит зависит только от состояния, в котором система находится на данный момент времени.

Определение направления перехода определяется внутренними состояниями модели $W = \{W_0, W_1, W_2, W_3\}$, здесь:

W_0 – текущий модуль;

W_1 – следующий модуль;

W2 – интернет-тренажер;

W3 – к преподавателю.

Отметим, что индивидуальные характеристики, как и уровень сформированности компетенций, могут меняться со временем. Поэтому в системе предусмотрен переход между уровнями сложности заданий, который основан на конечном автомате Мили.

Автомат Мили задается множеством из пяти элементов $S = \{A, Z, W, \delta, \varphi\}$, здесь:

$A = \{A0, A1, A2\}$ – входной алфавит автомата, соответствующий значению результата начально уровня знаний в определенной области: A0 – пороговый уровень (70 %), A1 – выше порогового, A2 – ниже порогового;

$Z = \{Z0, Z1, Z2, Z3, Zi\}$ – выходной алфавит автомата результатов уровня сформированности компетенций студентов: Z0 – компетенции не сформированы, Z1 – низкий уровень, Z2 – средний уровень, Z3 – высокий уровень, Zi – обучаемый достиг исследовательского уровня;

$W = \{W0, W1, W2, W3, W4, Wi\}$ – алфавит остановки автомата на определенном уровне сформированности компетенций: W0 – начальное состояние, W1 – остановка работы автомата, W2 – сложность заданий для низкого уровня компетенций, W3 – сложность заданий для среднего уровня компетенций, W4 – сложность заданий для высокого уровня компетенций, Wi – сложность заданий для исследовательского уровня компетенций;

$\delta(Wi, Aj)$ – функция переходов между уровнями сформированности компетенций;

$\varphi(Wi, Aj)$ – функция выходов автомата и представление результата сформированности компетенций.

Представленные множества были использованы при построении автомата Мили.

Автомат на выходе выдает результат уровня сформированности компетенций, который будет использоваться при переходе к следующему этапу обучения.

Функции $\delta(Wi, Aj)$ и $\varphi(Wi, Aj)$ показывают, каким образом в процессе построения индивидуальной траектории принимается решение о выходе результата.

Состояние алфавита W1 соответствует остановке работы автомата на определенном уровне сформированности компетенций и на выходе выдает результаты уровня сформированности компетенций учащихся Zi.

При установке начального состояния автомата W0 по результатам входного тестирования обучаемым выдается набор заданий определенного уровня сложности.

При выдаче заданий порогового уровня сложности A0 автомат выдает задания для среднего уровня компетенций и на выходе показывает выявление низкого уровня сформированности компетенций Z1.

Выбор заданий с уровнем сложности ниже порогового A2 свидетельствует об отсутствии сформированности компетенций, на выходе автомат останавливается в состоянии Z0.

Состояние Z3, свидетельствующее о сформированности высокого уровня компетенций учащихся, устанавливается при выборе заданий выше порогового A1 и выполнении заданий со сложностью, соответствующей высокому уровню компетенций.

Из работы функции перехода между уровнями сформированности компетенций можно проследить результат формирования высокого уровня компетенций также при выполнении заданий порогового и ниже порогового уровня. В то же время остановка работы автомата на исследовательском уровне сформированности компетенций регистрируется при выполнении заданий исследовательского уровня компетенций и выборе уровня сложности заданий выше порогового.

Выводы

Разработанная модель позволяет оптимизировать процесс обучения, так как состояние W0 учитывает уровень сложности заданий и выполняет проверку по выполнению тестовых заданий для различных уровней компетенций. Модель дает возможность оценивать уровень сформированности компетенций для каждого раздела, учитывая при этом результаты освоения дисциплины на предыдущих этапах. Использование результатов экспертного опроса при оценке уровня сформированности позволяет при моделировании индивидуальной образовательной траектории делать выбор более востребованных на рынке труда компетенций.

Таким образом, смоделированная система позволяет организовывать индивидуализированное обучение на основе междисциплинарной интеграции и внутренней дифференциации, что направлено на повышение качества образования обучаемых.

Список литературы

1. Toktarova V. I., Korobeynikova A. A. Implementation of interdisciplinary connections in the university e-learning environment // Austrian journal of humanities and social sciences. – 2014. – № 7-8. – Pp. 138-140.
2. Toktarova V. I., Panturova A. A. Learning and teaching style models in pedagogical design of electronic educational environment of the university // Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2015. – Т. 6, № 3. – Pp. 281-290.
3. Никитин П. В. Организация индивидуального обучения будущих учителей информатики с применением современных информационных технологий // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society):

международный электронный журнал – 2014. – Т. 17, № 3. – С. 569-583. – URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>

4. Никитин П. В., Горохова Р. И. Технологии построения электронных образовательных ресурсов для организации обучения студентов программированию // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 2(2). – URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2p2y2015/3035

5. Никитин П. В., Фоминых И. А., Горохова Р. И. Использование интеллектуальной обучающей системы при обучении студентов информационным технологиям // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 3(98). – С. 24-29.

УДК 004.942

Никитин Петр Владимирович

направление УИТС (магистратура), гр. УИТСм-11

Горохова Римма Ивановна, канд. пед. наук, доцент,
кафедра проектирования и производства ЭВС

Научный руководитель

Горохов Андрей Витальевич, д-р техн. наук, профессор,
кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

В условиях конкуренции, которая постоянно усиливается, возникает необходимость использования информационных технологий и систем [2]. Любая компания, которая стремится к росту и уверенной позиции на рынке, стремится использовать информационные технологии, создать собственную информационную систему, понятие которой тесно связано с инновациями и бизнес-процессами.

Для того чтобы организация могла создать информационную систему, ей необходимо выделить бизнес-процессы и проанализировать их. Анализ бизнес-процессов имеет широкое распространение и применяется во многих организациях, которые желают повысить эффективность своей работы. Правильно выбранная оптимизация или реинжиниринг процессов предприятия помогает решать актуальные для него проблемы [3].

Математическая модель бизнес-процессов предприятия должна отображать отношение вероятностей перехода состояний от степени

воздействия на нее. Для построения модели и определения вероятности возникновения потерь применим один из статистических методов оценки риска – марковское моделирование.

На первом этапе проводится анализ деятельности предприятия и выявленных явных слабых сторон, на основе которого составляется граф состояний, в которых предприятие может оказаться в определенные моменты времени.

В граф состояний могут включаться состояния, возникающие очень редко, но все же имеющие большую значимость для деятельности предприятия, так как в ходе исследования применяемые воздействия на состояния могут изменить вероятности этих состояний. И это имеет немалую важность в ходе исследования.

При применении марковского анализа вначале определяют пространство состояний системы. Определение состояния реального модуля и воздействие отказов проиллюстрированы в виде сложной системы, которая может находиться в девяти состояниях, имеющих определенную вероятность перехода из другого состояния (рис. 1).

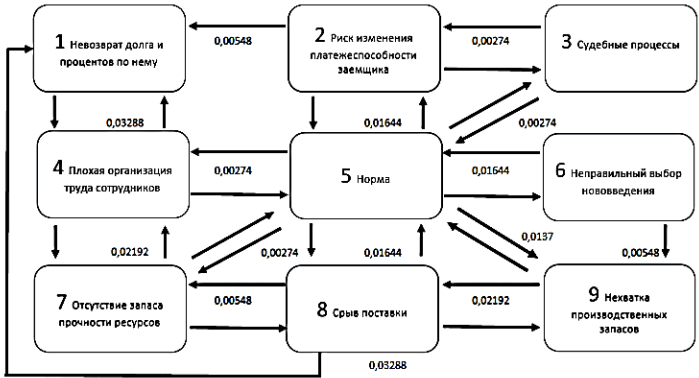


Рис. 1 – Граф состояний с полученными вероятностями

Исходя из анализа деятельности предприятия и выявленных слабых сторон, можно построить граф состояний, в которых предприятие может оказаться в определенные моменты времени.

Граф отображает переходы из одного состояния в другое. Состояние 5 является состоянием безупречной работы. Из этого состояния система может перейти с определенной интенсивностью потока событий в любое состояние кроме 1-го. Имея в своем распоряжении размеченный

граф состояний системы, можно построить стохастическую матрицу исходных состояний:

$$P := \begin{pmatrix} 0.96712 & 0 & 0 & 0.03288 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.00548 & 0.97534 & 0.00274 & 0 & 0.01644 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.00274 & 0.99452 & 0 & 0.00274 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.03288 & 0 & 0 & 0.94246 & 0.00274 & 0 & 0.02192 & 0 & 0 \\ 0 & 0.01644 & 0.00274 & 0.00274 & 0.92876 & 0.01644 & 0.00274 & 0.01644 & 0.0137 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.01644 & 0.97808 & 0 & 0 & 0.00548 \\ 0 & 0 & 0 & 0.02192 & 0.00274 & 0 & 0.96986 & 0.00548 & 0 \\ 0.03288 & 0 & 0 & 0 & 0.01644 & 0 & 0.00548 & 0.92328 & 0.02192 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0137 & 0 & 0 & 0.02192 & 0.96438 \end{pmatrix}$$

Используя эту матрицу, составляем систему уравнений Колмогорова (1) на основе уравнения баланса потоков вероятности, добавляя к нему нормировочное условие (2).

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n p_i \cdot p_{ij} = p_j \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n p_{ji}, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1. \quad (2)$$

Вероятности нахождения системы в том или ином состоянии будут считаться стартовыми, все проводимые эксперименты будут относительно этих вероятностей.

Таблица 1 – Стартовые вероятности

Состояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Финальные вероятности	0,28	0,04	0,05	0,23	0,06	0,04	0,18	0,04	0,06

Наибольший интерес в оценке бизнес-процессов имеет исследование состояния, в котором предприятие будет находиться с наибольшей вероятностью, им является состояние 1. В это состояние система может перейти из состояний 2, 8 и 4. Наибольшей интенсивностью потока событий обладает переход из 8-го состояния в 1-е.

В таблице 2 представлены интенсивности потока событий, полученные в результате изменений состояний.

Таблица 2 – Поток событий 8-1

Коэффициент	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125
Вероятность	0,263	0,132	0,066	0,033	0,016	0,008	0,004

Строим переходную таблицу состояний, где точкой отсчета будет начальное состояния системы, а остальные вероятности представлены в процентном отношении к ним. Построенный график показывает, что вероятность нахождения системы в состоянии 8 (срыв поставки) сильно зависима от изменений потока событий.

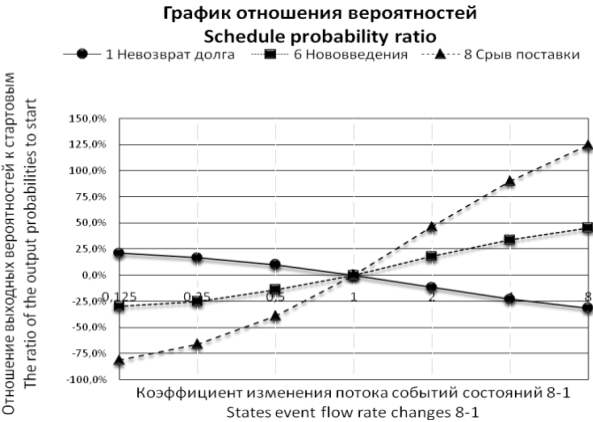


Рис. 2 – Оценка интенсивности потока событий

Результаты исследования показывают, что вся система очень зависима от изменения одного потока событий. К примеру, состояние 9 при уменьшении потока событий в 8 раз уменьшает свою вероятность на 55%, а при увеличении в 8 раз – на 80%.

Полученный график свидетельствует о незначительных изменениях вероятности нахождения системы в состояниях 3,5 и 4. Максимальное изменение вероятности состояний при увеличении вероятности перехода в 8 раз составляет 6,8%. Единственным уязвимым состоянием является состояние 9, но его изменения вероятностей не так уж велики по сравнению с предыдущим исследованием.

Выводы

Анализ математической модели оценки бизнес-процессов выявил, что при увеличении вкладываемых средств в изменение одного состояния существенно снижается вероятность срыва поставки, нехватки запасов сырья и др. Это свидетельствует о необходимости внедрения полученной модели в структуру организации, которая поможет снизить издержки предприятия в целом. Средства организации можно использовать с большей экономией, направляя их в более эффективные измене-

ния. А для определения места этих изменений целесообразно использовать модель оценки бизнес-процесса.

Создание и исследование математической модели бизнес-процессов в современных компаниях позволяют провести оптимизацию или реорганизацию бизнес-процессов с целью повышения эффективности деятельности компании, повышения ее конкурентоспособности.

Список литературы

1. Ильшева Н. Н., Каранина Е. В. Методологические аспекты формирования, оценки и совершенствования системы стратегического анализа и управления бизнес-рисками предприятия // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2014. – № 11 (363). – С. 23–30.
2. Рогачева Л. И., Пищулин В. И. Экономическая эффективность ИС для оценки рисков // *Достижения вузовской науки: труды Международной научно-практической конференции*. – М., 2014. – С. 188–192.
3. Никитин П. В., Фархшатов И. В., Смирнов Н. А. Реинжиниринг бизнес-процессов на современном предприятии // *Институциональные и инфраструктурные аспекты развития различных экономических систем: сб. статей*. – Челябинс: АЭТЕРНА, 2015. – С. 9–10.
4. Ляндау Ю. В., Пономарев М. А. Концепции моделирования бизнес-процессов // *Вестник ИжГТУ им. М. Т. Калашникова*. – 2013. – № 2 (58). – С. 83–87.
5. Осипова Т. Ф. Моделирование случайных событий в бизнес-процессах // *Актуальные проблемы экономики и управления*. – 2016. – № 1 (9). – С. 117–120.

УДК 65.011.56

Осипов Александр Юрьевич

управление в технических системах (магистратура), гр. УИТСм-21

Научный руководитель

Дедов Андрей Николаевич, канд. техн. наук, доцент

кафедра радиотехники и связи

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,

г. Йошкар-Ола

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»

Введение

Принцип работы системы «Умный дом» (УД) заключается в автоматизации всего, из чего состоит жилая постройка: отопление, электроэнергия, система безопасности, и так далее (см. рисунок).

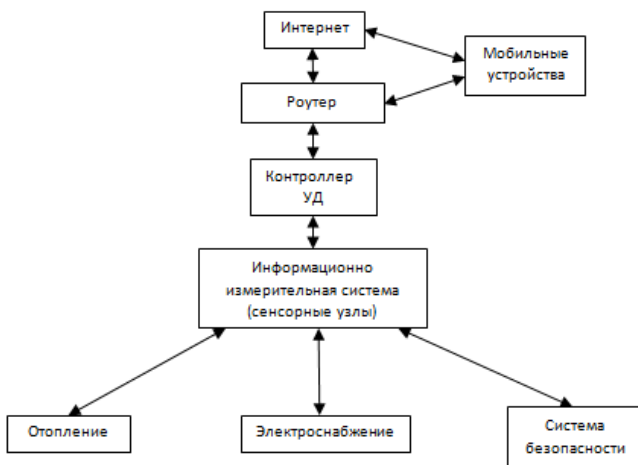
Одной из главных проблем создания системы «Умный дом» является объединение отдельных подсистем различных производителей в единый автоматизированный комплекс

Цель работы – оценить возможность построения системы управления объектами «умного дома», представляющей собой распределенную, самоорганизующуюся и устойчивую к отказам отдельных элементов сеть с автономным источником питания, на основе сравнительного анализа различных технологий организации беспроводных сенсорных сетей.

Беспроводная сенсорная сеть имеет ряд преимуществ:

- 1) сокращения расходов на кабельное и вспомогательное оборудование, от уменьшения трудозатрат на монтаж оборудования, на прокладку самой кабельной сети;
- 2) оперативность, удобство развертывания и обслуживания системы;
- 3) надежность сети в целом – в случае выхода из строя одного из них, информация передается через соседние элементы;
- 4) возможность добавления или исключения любого количества устройств из сети;
- 5) высокий уровень проникновения сквозь препятствия (стены, потолки) и стойкость к электромагнитным помехам.

Последние достижения в миниатюризации электронных устройств и интеграции датчиков предоставили возможность получить чувствительные элементы, оснащенные беспроводными средствами связи с памятью для хранения и обработки данных.



Принципиальная структура «Умного дома»

На базе таких элементов создано интеллектуальное оборудование, в котором работа разрозненных датчиков может координироваться при создании системы мониторинга и контроля.

1. Анализ протоколов передачи сенсорных сетей

Беспроводная сенсорная сеть (БСС) представляет собой распределенную, самоорганизующуюся, устойчивую к отказам отдельных элементов сеть из необслуживаемых и не требующих специальной установки устройств.

В таких системах разнородные измерительные данные собираются сенсорами или мультисенсорами, входящими в состав узлов, расположенных в подлежащих мониторингу устройствах, и передаются по беспроводной сети в центральный узел для обработки и принятия решений.

Мультисенсор представляет собой набор измеряющих одновременно несколько физических величин.

Обычно сеть имеет иерархическую структуру, в которой на каждом уровне данные могут передаваться от узлов-источников к одному или нескольким узлам-приемникам [1].

1.1. ZigBee

В основе сети ZigBee лежит ячеистая топология (mesh-топология). В такой сети каждое устройство может связываться с любым другим устройством как напрямую, так и через промежуточные узлы сети. Ячеистая топология предлагает альтернативные варианты выбора маршрута между узлами. Сообщения поступают от узла к узлу, пока не достигнут конечного получателя. Возможны различные пути прохождения сообщений, что повышает доступность сети в случае выхода из строя того или иного звена [2]. Анализ преимуществ и недостатков стандарта Zigbee был выполнен на основе материалов, представленных в [3-6].

Достоинства ZigBee:

- масштабируемость и расширяемость в любой момент новыми устройствами;
- отсутствие сертификации частот для использования устройств на основе ZigBee.

Недостатки ZigBee:

- проблема совместимости устройств;
- недостаточно высокий уровень стандартизации и отсутствие единой программно-аппаратной платформы для разработки сложных приложений;
- невысокая скорость передачи данных.

1.2. Z-Wave

Характерной особенностью Z-Wave является стандартизация от физического уровня до уровня приложения. То есть протокол покрывает

все уровни OSI классификации, что позволяет обеспечивать совместимость устройств разных производителей при создании гетерогенных сетей [7].

В отличие от IEEE 802.11 и IEEE 802.14 стандартов передачи данных, предназначенных в основном для больших потоков информации, Z-Wave работает в диапазоне частот до 1 ГГц и оптимизирована для передачи простых управляющих команд.

Выбор низкого радиочастотного диапазона для Z-Wave обуславливается малым количеством потенциальных источников помех (в отличие от загруженного диапазона 2,4 ГГц, в котором работают устройства WiFi, ZigBee, Bluetooth).

Анализ преимуществ и недостатков стандарта Z-Wave был выполнен на основе материалов, представленных в [7-8].

Достоинства Z-Wave:

- функция автоматической конфигурации подключения к сети;
- Z-Wave работает в диапазоне частот до 1 ГГц;
- совместимость со всеми устройствами от разных производителей, имеющих соответствующий логотип Z-Wave;
- масштабируемость, шифрование трафика;
- простой механизм маршрутизации и снижение требования к оперативной памяти узла.

Недостатки Z-Wave:

- скорость передачи, устройств работающих по технологии Z-Wave, не превышает 40 кб/с;
- ограниченные масштабы и радиус действия.

2. Аппаратный комплекс

Стандарты ZigBee и Z-Wave имеют собственные платформы для создания среды управления объектами «Умного дома» при помощи БСС.

Например, платформа BitCloud_256RFR2 компании Atmel является полнофункциональным ZigBee устройством с программным управлением. Контроллер FIBARO HomeCenter 2 служит для создания систем автоматизации управления по технологии Z-Wave. Встроенные службы геолокации позволяют создать комфортные условия дому, абсолютно без Вашего участия.

Заключение

Для реализации системы управления «умного дома» автором рекомендуется использовать стандарт Z-Wave.

Данная технология является одной из самых помехоустойчивых, экономичных и адаптивных из представленных. Здесь также, благодаря большому функционалу самого стандарта и открытому коду, на одной

территории может сосуществовать несколько сетей Z-Wave с разными идентификаторами. При определенных конфигурациях они не будут друг друга видеть и друг с другом взаимодействовать. Из-за обязательного требованию к скважности, эти сети не будут мешать друг другу.

Список литературы

1. Тараканов Е. В. Агрегирование данных мультисенсоров в беспроводных сенсорных сетях: автореф. дис. – Томск, 2012.
2. Реализация беспроводных сетей на основе технологии ZigBee [Электронный ресурс]. – URL: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/05_02/stat_160.htm
3. Протокол ZigBee: беспроводные технологии на службе «умного дома» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ferra.ru/ru/digihome/review/S>.
4. ZigBeealliance [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.zigbee.org/>
5. Zigbee технология учебное пособие [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/zigbee/zigbee.php>
6. IEEE 802.15 WPAN [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>.
7. Обзор протокола Z-Wave [Электронный ресурс]. – URL: <https://rus.z-wave.me/z-wave-knowledge-base/about-z-wave/z-wave-technical-overview>.
8. Security Evaluation of the Z-Wave Wireless Protocol. [Электронный ресурс]. – URL: http://neominds.org/download/zwave_wp.pdf.

УДК 539.376

Пасова Анастасия Дмитриевна

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(бакалавриат), гр. ИТС-11

Научный руководитель

Зуев Алексей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент,
кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Цель данной работы – изучить магнитное поле Земли, рассмотреть его влияние на организм человека.

Согласно современным представлениям, Земля образовалась примерно 4,5 млрд лет назад, и с этого момента нашу планету окружает магнитное поле. Все, что находится на Земле, в том числе люди, животные и растения, подвергаются его воздействию.

Магнитное поле простирается до высоты около 100 000 км.

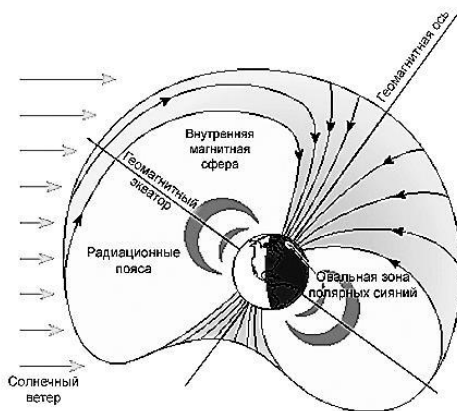


Рис. 1 – Строение магнитного поля Земли

Оно отклоняет или захватывает частицы солнечного ветра, губительные для всех живых организмов. Эти заряженные частицы образуют радиационный пояс Земли, а вся область околоземного пространства, в которой они находятся, называется *магнитосферой* (рис. 2).

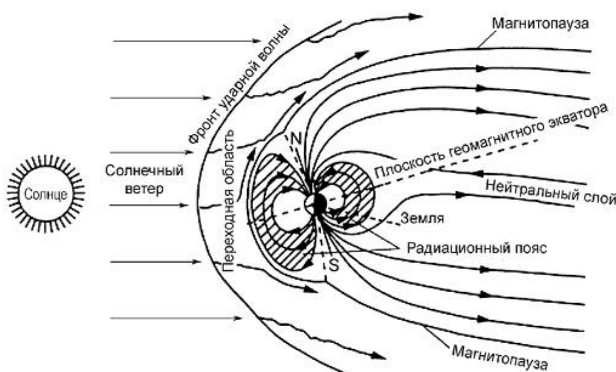


Рис. 2 – Строение магнитосферы

С освещенной Солнцем стороны Земли магнитосфера ограничена сферической поверхностью с радиусом примерно 10-15 радиусов Земли, а с противоположной стороны она вытянута подобно кометному хвосту на расстояние вплоть до нескольких тысяч радиусов Земли, образуя

геомагнитный хвост. Магнитосфера отделена от межпланетного поля переходной областью.

Магнитные полюса Земли

Ось земного магнита наклонена по отношению к оси вращения Земли на 12° . Она располагается примерно на 400 км в стороне от центра Земли. Точки, в которых эта ось пересекает поверхность планеты, – магнитные полюса. Магнитные полюса Земли не совпадают с истинными географическими полюсами. В настоящее время координаты магнитных полюсов следующие: северный – 77° с.ш. и 102° з.д.; южный – 65° ю.ш. и 139° в.д.

Силовые линии, идущие от одного магнитного полюса к другому, называются *магнитными меридианами*. Между магнитным и географическим меридианом образуется угол, называемый *магнитным склонением*. Каждое место на Земле имеет свой угол склонения. В районе Москвы угол склонения равен 7° к востоку, а в Якутске – около 17° к западу. Это значит, что северный конец стрелки компаса в Москве отклоняется на Т вправо от географического меридиана, проходящего через Москву, а в Якутске – на 17° влево от соответствующего меридиана.

Свободно подвешенная магнитная стрелка располагается горизонтально только на линии магнитного экватора, который не совпадает с географическим. Если двигаться к северу от магнитного экватора, то северный конец стрелки будет постепенно опускаться. Угол, образованный магнитной стрелкой и горизонтальной плоскостью, называют *магнитным наклоном*. На Северном и Южном магнитных полюсах магнитное наклонение наибольшее. Оно равно 90° . На Северном магнитном полюсе свободно подвешенная магнитная стрелка установится вертикально северным концом вниз, а на Южном магнитном полюсе ее южный конец опустится вниз. Таким образом, магнитная стрелка показывает направление силовых линий магнитного поля над земной поверхностью.

С течением времени положение магнитных полюсов относительно земной поверхности меняется.

Магнитный полюс был открыт исследователем Джеймсом К. Россом в 1831 г. в сотнях километров от его нынешнего местонахождения. В среднем за один год он перемещается на 15 км. В последние годы скорость перемещения магнитных полюсов резко возросла. Например, Северный магнитный полюс сейчас перемещается со скоростью около 40 км в год.

Смена магнитных полюсов Земли называется *инверсией магнитного поля*. На протяжении геологической истории нашей планеты земное магнитное поле изменяло свою полярность более 100 раз.

Отсутствие внешнего магнитного поля станет особенно опасным для каждого организма. Для того чтобы доказать это, можно привести любопытный пример. Я. Крейн – это ученый из Канады, который провел интересный эксперимент. Суть эксперимента заключалась в том, чтобы провести исследования над организмами, которые были помещены в специальную камеру. В этой камере были созданы условия, заключающиеся в меньших показателях, касающихся магнитного поля, чем в случае земного.

Результаты проведенного исследования оказались очень интересным. Уже через некоторое время отмечалось значительное снижение способности бактерий к размножению. В случае птиц наблюдалось ухудшение относительно нейромоторной активности. При проведении эксперимента над мышами отмечались результаты, заключающиеся в значительных изменениях обменных процессов. При условии более продолжительного пребывания в камере отмечается развитие бесплодия.

Российские ученые также проводили подобные эксперименты, которые доказывают, насколько важны магнитные волны. В ходе экспериментов использовались мыши, которые находились в камерах, где отмечалось экранирование от магнитного поля Земли. Спустя непродолжительное время, наблюдались процессы, связанные с разложением тканей организма. При появлении детей у таких животных отмечалось отсутствие шерсти, а также дальнейшее развитие болезней. Таким образом, все эти эксперименты доказывают, что снижение естественного магнитного поля приводит к нарушению здоровья. При этом данный результат можно будет увидеть уже в скором времени.

Согласно данным, полученным в результате проведения ряда исследований, ученые говорят о том, что магнитное поле Земли характеризуется медленностью. Кроме того, дополнительно отмечается ослабевание поля. Так, его сила стала за 500 лет меньше на 50%. Опасность заключается в том, что в больших городах, где проживает огромное количество людей, отмечается дополнительное экранирование магнитного поля. Как следствие этого отмечается дополнительное снижение магнитного поля.

Все дает возможность сделать вывод о том, что естественные условия, в которых должен жить человек, изменяются. Очевидно, что это приведет к отрицательным последствиям для людей, которые необходимо минимизировать.

Список литературы

1. Короновский Н. В.. Магнитное поле геологического прошлого Земли // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 5. – С. 56-63.
2. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. – М.: Мир, 1986.

Рыжков Иван Вячеславович

направление Радиотехника (магистратура), гр. РТм-11

Научный руководитель

Роженцов Алексей Аркадьевич, д-р техн. наук, профессор,
кафедра радиотехнических и медико-биологических систем

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Продвижение методов количественного анализа электроэнцефалограмм (ЭЭГ) является одной из насущных задач современной нейрофизиологии [1]. Уже доказано наличие фрактальности данного сигнала, тем не менее, внедрение математических методов обработки, реализующих изучение данных особенностей ЭЭГ, до настоящего времени получило незначительное распространение [1]. В работе характерные различия ЭЭГ сигнала здоровых пациентов и пациентов, страдающих шизофренией, исследуются с помощью фрактального анализа.

Шизофрения является психическим заболеванием, приводящим к инвалидности и часто к утрате трудоспособности. Специфических изменений ЭЭГ при шизофрении в настоящее время не выявлено.

Такие методы анализа ЭЭГ, как спектральный анализ, вейвлет-преобразование корректно могут быть использованы для стационарных случайных процессов, а ЭЭГ таковым не является [2]. Это означает, что характеристики ЭЭГ, произведенные для достаточно большого интервала времени, изменяются, если взять любой другой интервал, смещенный на некоторый момент времени относительно первого.

Достоверные различия ЭЭГ больных шизофренией и здоровых можно выявить только при статистическом анализе путем сравнения средних данных по большим группам. Для того чтобы решить поставленную задачу, используется метод фрактального анализа, который позволяет отразить незначительные изменения сигнала ЭЭГ.

Фракталами называются геометрические объекты: линии, поверхности, тела, которые обладают свойством самоподобия. Оно означает, что он (фрактал) в некоторой степени одинаково устроен в обширном диапазоне масштабов. Так, в случае увеличения маленькие части фрактала получают очень схожими с большими. Это обуславливает масштабную инвариантность (скейлинг) основных геометрических свойств фрактального объекта, их постоянство при изменении масштаба.

При отображении свойств фрактала ведущую роль играет такая его характеристика, как фрактальная размерность.

Фрактальная размерность – это размерность подобия, показывающая, насколько плотно и равномерно элементы данного множества заполняют Евклидово пространство [3].

Величина фрактальной размерности D может быть вычислена по формуле

$$D = - \frac{\ln \left(\frac{N(I)}{N(I')} \right)}{\ln \left(\frac{l}{l'} \right)},$$

где $N(I)$, $N(I')$ – количество элементов размерностями I и I' соответственно, необходимых для покрытия некоторого объекта.

Для реализации метода фрактального анализа была использована программа *Mathcad*.

В качестве данных для анализа активности головного мозга были взяты два архива данных ЭЭГ сигнала здоровых пациентов и больных шизофренией. В каждом архиве содержатся текстовые файлы, относящиеся к отдельным испытуемым. Последовательность каналов регистрации изображена на рисунке 1.

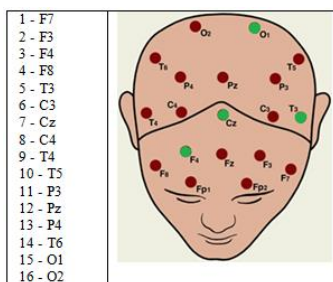


Рис. 1 – Шизофрения и норма. Каналы

В связи с тем, что исходные данные имели вид одномерного массива, а выявления различий нужно было производить по отведениям, следовало провести первичную обработку. Для этого из одномерного массива формировалась матрица размером 16x7680, каждый столбец которой является сигналом от каждого из отведений.

После этого каждый сигнал для каждого отведения подвергался фильтрации скользящего среднего. Данный фильтр работает усреднении

ем ряда значений от входного сигнала, чтобы произвести каждое значение в сигнале выходы. Формула такого фильтра описана ниже.

$$y(i) = \frac{1}{N} \sum_{\text{ceil}(\frac{N}{2})}^{\text{ceil}(\frac{N}{2})n} x(i + j),$$

где x – входной сигнал, y – сигнал на выходе, N – число значений, используемых в окне фильтра.

В соответствии с масштабом, число значений, которое станет охватывать окно фильтра, будет различным, а именно: для масштаба 1:2 – размер окна 2 значения, 1:4 – 4 значения и 1:8 – 8 значений.

В соответствии с теорией фракталов, производилось измерение длин ЭЭГ сигнала при масштабах 1:1, 1:2, 1:4 и 1:8. Для этого была написана программа, которая рассчитывала длину сигнала в пределах скользящего окна размером в 100 значений и записывала измеренные значения в новый массив данных.

На следующем этапе алгоритма требовалось рассчитать фрактальную размерность по формуле

$$D(t) = -\frac{\ln\left(\frac{L_s(t)}{\frac{1}{s}L_1(t)}\right)}{\ln\left(\frac{1}{s}\right)},$$

где D – фрактальная размерность, L_s – матрица длин сигнала при измененном масштабе, L_1 – матрица длин исходного сигнала, s – значение соответствующего масштаба.

Последним шагом в алгоритме является построение гистограмм распределения фрактальной размерности отведений сигналов ЭЭГ на одном графике для последующего анализа.

Результатом проделанной работы являются гистограммы распределения фрактальной размерности ЭЭГ сигналов больных шизофренией и контрольной группы: для лобного отведения F4, затылочного отведения O1, височного отведения T3 и отведения центральной борозды Cz с масштабом 1:2, 1:4 и 1:8. Полученные графики представлены ниже.

На всех графиках сплошной линией отображается распределение фрактальной размерности больных пациентов, пунктирной линией – здоровых.

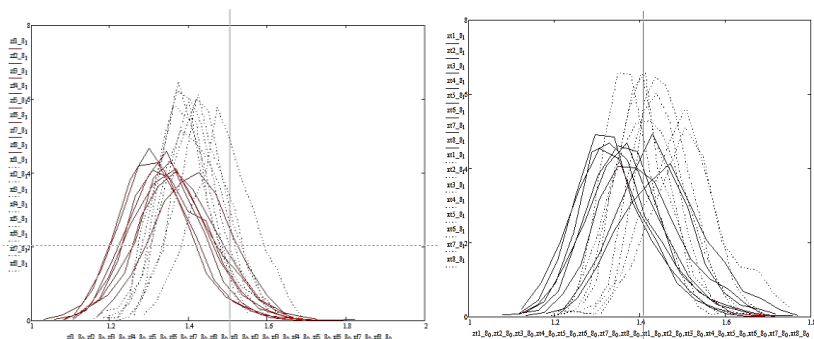


Рис. 2 – Гистограммы распределения фрактальной размерности отведений F4 и T3 (слева направо) для масштаба 1/8

При проведении статистического анализа полученных графиков был сделан вывод, что законы распределения фрактальной размерности здоровых пациентов и больных шизофренией отличаются. Ярко выраженное различие замечено на отведениях F4 и T3 при анализе масштаба 1/8. Дальнейшее исследование в различии законов распределения возможно путем расчета математического ожидания, дисперсии и среднеквадратического отклонения.

Список литературы

1. Семенов С. Н., Сереженко Н. П. Применение методологии теории фракталов в электрофизиологической диагностике неврологических заболеваний // Вестник новых медицинских технологий. – 2011. – № 2. – С. 59-63.
2. Якимов Е. В., Вавилова Г. В., Клубович И. А. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 307 с.
3. Короленко П. В., Маганов М. С., Меснянкин А. В. Новационные методы анализа стохастических процессов и структур в оптике. Фрактальные и мультифрактальные методы, вейвлет-преобразования: учеб. пособие. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцына, 2004. – 82 с.
4. Фурман Я. А., Роженцов А. А., Леухин А. Н. Цифровая обработка сигналов, эффективных для решения задач обнаружения, оценки параметров, разрешения, распознавания // Цифровая обработка сигналов и ее применение: материалы 1-й Международной конференции и выставки. – М., 1998. – Т. 3. – С. 77-83.

Рыжова Елена Андреевна

направление Электроника и нанoeлектроника (бакалавриат),
гр. ЭиНЭб-41

Научный руководитель

Мороз Андрей Викторович, канд. техн. наук, доцент,

кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ ПЛЁНКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ И НИТРИДОВ ЭЛЕМЕНТОВ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Сегодня имеет место тенденция микроминиатюризации микросхем, что приводит к поиску всё более технологичных материалов. Такие элементы, как резисторы всё чаще выполняются при помощи тонкоплёночной технологии. Резистивные тонкие плёнки наносятся вакуумным методом напыления на диэлектрические подложки.

В настоящее время используется линейка РС сплавов, разработанная для изготовления резисторов с широким диапазоном удельных сопротивлений. Каждый сплав из этой серии имеет собственные характеристики по температурному коэффициенту сопротивления (ТКС), удельному сопротивлению, температуре работы и временной стабильности резисторов [1].

Технические условия (ТУ) для резистивных сплавов РС предназначены для формирования тонкоплёночных резисторов методом термического испарения. Однако он повсеместно заменяется на более технологичный метод магнетронного распыления [2]. Использование РС сплавов в данном методе приводит к проблеме контроля стехиометрического состава плёнки.

Цель работы заключается в изучении технологических особенностей формирования резистивных пленок оксидов и нитридов элементов нержавеющей стали методом магнетронного распыления.

Толщина плёнки сильно влияет на поверхностное сопротивление резистивной плёнки.

$$R_{нов} = \frac{\rho}{h},$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление;

h – толщина резистивного слоя.

Значит, чем больше толщина плёнки, тем меньше поверхностное сопротивление этой резистивной плёнки. Следовательно, толщина плёнки – важный параметр, который необходимо контролировать при напылении. Но напрямую контролировать толщину во время напыления нет возможности, поэтому во время исследования контролировалось время напыления.

Плёнки были получены методом магнетронного распыления [3]. Формирование пленок велось при одной концентрации реактивного газа ($O_2 = 8\%$). В качестве источника питания магнетронов использовался импульсный источник питания (300 Вт). Время напыления пленок составляло от 15 до 75 секунд (рис. 1).

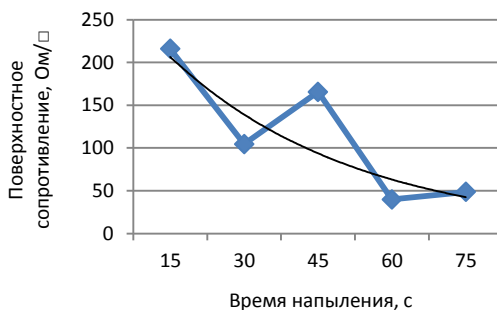


Рис. 1 – Зависимость поверхностного сопротивления от толщины плёнки.
Содержание $O_2 = 8\%$



Рис. 2 – Неравномерность распределения сопротивления по поверхности подложки

После процесса напыления пленки подвергались отжигу в вакууме при температуре 450°C. Удельное поверхностное сопротивление измерялось четырехзондовым методом. Диапазон сопротивлений 40-220 Ом/Г.

В то же время распределение поверхностного сопротивления изменяется и по длине самой подложки (рис. 2). Это объясняется особенностью вакуумного распыления. В центре подложки успевает осесть большее количество молекул распыляемого вещества, т.к. он находится по прямой траектории к распыляемой мишени. Из-за этого поверхностное сопротивление от края подложки к центру уменьшается.

Величина неравномерности распределения сопротивления по поверхности рассчитывается по формуле

$$B = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{2(R_{\max} + R_{\min})} * 100\%,$$

$B = 4\%$, что находится в допустимых границах, а значит технологический процесс напыления верный. Также анализируя полученные результаты, можно прийти к выводу, что резистивные плёнки на основе оксидов и нитридов элементов нержавеющей стали могут заменить такие РС-сплавы, как РС-5402, РС-2802.

Исследования выполнены при поддержке «Фонда содействия инновациям».

Список литературы

1. Дмитриев В. Д., Пиганов М. Н., Тюлевин С. В. Технология микросборок специального назначения [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (1,2 Мбайт). – Самара, 2012. – 1 эл. опт. диск (CD-RW).
2. Берлин Е. В., Двинин С. А., Сейдман Л. А. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок. – М.: Техносфера, 2007. – 176 с.
3. Автоматизированная установка магнетронного распыления для получения наноструктурированных пленок / Н. И. Сушенцов, Д. А. Двоглазов, А. В. Мороз [и др.] // Сборник тезисов докладов научно-технологических секций «Международного форума по нанотехнологиям 09». – М., 2009. – С. 51–52.

УДК 621.396

Саржан Илья Константинович

направление Конструирование и технология электронных средств
(магистратура), гр. ЭВСм-11

Научный руководитель

Петухов Игорь Валерьевич, д-р техн. наук, профессор
кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Уровень развития современной технологии изготовления печатных плат и нацеленность на обеспечение высокого качества и надежности диктуют необходимость использования эффективных методов контроля и диагностики дефектов. Используемые методы должны отвечать требованиям по информативности и достоверности результатов. В данной работе приведены результаты обзора существующих методов контроля печатных плат, получивших наибольшее распространение в промышленности.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, контроль, дефекты, печатная плата, неразрушающий контроль.

На сегодняшний день весьма актуальной является задача выявления технологических дефектов на этапах производства с целью ограничения получения потенциально ненадежной аппаратуры. Современные методы выявления дефектов позволяют обнаружить и локализовать большую часть явных, а также некоторые скрытые дефекты радиоэлектронной аппаратуры (РЭА).

Существующие методы обнаружения дефектов подразделяют на разрушающий и неразрушающий контроль. Суть разрушающего контроля заключается в приложении к образцу определенного управляющего воздействия и последующего разрушения образца.

Перечислим методы неразрушающего контроля, являющиеся основными при контроле производстве печатных плат: электрический контроль, тепловой контроль, ультразвуковой метод контроля, радиоволновые методы контроля, рентгеновский контроль, оптический метод контроля и томография.

В основе *электрического контроля* лежит проверка электрического контакта между тестовой системой и тестируемой печатной платой.

Электрический контроль обеспечивает проверку печатных плат на отсутствие дефектов типа «обрыв» или «замыкание».

В качестве критерия оценки выступает, как правило, значение сопротивления между двумя контактными площадками на печатной плате (сопротивление цепи). В случае, если сопротивление цепи меньше заданного значения (единицы Ом), цепь считается целостной, в противном случае – диагностируется обрыв цепи.

Данный метод предназначен для высокочастотной техники, а приборы, осуществляющие измерения, являются сложным оборудованием и, как правило, применяются в лабораторных условиях.

Важной составляющей технологических стратегий при сборке средних и сложных узлов является *рентгеновский контроль*. С его помощью производят анализ формы паяных соединений для определения качества пайки, а также выявляют такие дефекты, как раковины, смещение корпуса и неравномерное распределение припоя. Рентгеновский контроль является основным способом контроля качества многослойных печатных плат.

В настоящее время в системах рентгеновского контроля печатных плат применяется метод *радиационной интроскопии*, который позволяет преобразовывать радиационное изображение контролируемого объекта в световое изображение на выходном экране радиационно-оптического преобразователя.

Главные преимущества рентгеновского контроля основаны на раннем обнаружении дефектов и большом охвате технологических дефектов, чему соответствуют недорогие операции доводки.

Более сложным и дорогостоящим является метод *компьютерной томографии*. Сущность метода компьютерной томографии сводится к реконструкции пространственного распределения линейного коэффициента ослабления рентгеновского излучения по объему контролируемого объекта в результате обработки теневых проекций, полученных при рентгеновском просвечивании объекта.

В различных направлениях обнаружение и детальное изучение дефектов в объеме контролируемого изделия осуществляет оператор путем визуального анализа изображений отдельных плоских сечений реконструированной пространственной структуры линейного коэффициента ослабления.

Возможности метода компьютерной томографии:

- полное 3-мерное представление объекта;
- неразрушающий метод получения сечений объекта;
- получение измерений в трех плоскостях;

- контроль разрушений во внутренних полостях; полнота анализа состояния (2D- и 3D-изображения);
- способность воспроизводить внутреннюю структуру толстых, неоднородных промышленных изделий сложной формы без взаимного наложения теней различных элементов);
- в десятки раз большая, чем у традиционной радиографии, чувствительность к локальным нарушениям сплошности, включениям, изменению градиента плотности и малым отклонениям геометрической структуры.

Наиболее передовыми являются системы рентгеновского контроля с применением модуля компьютерной томографии.

Оптические методы контроля нашли широкое применение в производстве. Они позволяют контролировать состав и свойства материалов и проводить исследования, операционный контроль структур и анализ технологических процессов путем регистрации интенсивности, фазы, спектрального состава, поляризации, пространственного распределения оптического излучения, взаимодействующего с исследуемыми объектами и испускаемого ими.

Оптические методы исследования основаны на таких явлениях, как отражение, поглощение, интерференция и дифракция света.

С помощью микроскопов и устройств, построенных на их основе, решаются следующие задачи неразрушающего оптического контроля:

- измерение геометрических размеров и соблюдение формы малогабаритных изделий;
- обнаружение дефектов малых размеров (до долей микрометров) с высоким разрешением по их пространственному положению;
- контроль физико-механических свойств и состояния материалов (внутренних напряжений) по их оптическим характеристикам (по показателю преломления и изменению поляризации света);
- контроль внутреннего строения малогабаритных изделий или их частей, расположенных в прозрачном или полупрозрачном материале.

На основании проведенного анализа можно сделать заключение о том, что бесконтактный неразрушающий контроль изделий электронной техники, к которым относятся печатные платы, фотошаблоны, интегральные схемы многослойных печатных плат, является наиболее перспективным, особенно компьютерная томография. С ее помощью удобно инспектировать печатные узлы с высокой плотностью монтажа, а также пайку компонентов на многослойных печатных платах, а оптические методы контроля, реализующие данный подход, наиболее удобны при контроле топологии печатных плат.

Список литературы

1. Городов В. А. Электрический контроль печатных плат и узлов // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2004. – № 7. – С. 68-71.
2. Одиноворцев М. Дюжина причин использования установок электрического контроля с «летающими матрицами» в мелкосерийном производстве [Электронный ресурс]. – Компоненты и технологии. – Режим доступа: http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2005_02_198.pdf.
3. Приходько И. А. Технология поиска скрытых дефектов на печатных платах // Производство электроники: Технологии, оборудование, материалы. – 2007. – № 1. – С. 40-41.
4. Печатные платы [Электронный ресурс]. – Научно-исследовательский институт компьютерных технологий. Инжиниринговая компания. – Режим доступа: <http://ictech.com.ua/technology/pcb-impedance-control.html>
5. Бесконтактный тепловой контроль электронной техники / С. Панфилова, А. Червинский, А. И. Власов, В. Н. Гриднев // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. – 2007. – № 3. – С. 1-8.
6. Шмаков М. В. Выбор системы рентгеновского контроля. Взгляд технолога // Технологии в электронной промышленности. – 2006. – № 4. – С. 60-68.
7. Бенсон Дж. Стратегии обнаружения дефектов. Рентгеновский контроль // Печатный монтаж. – 2007. – № 3. – С. 34-36.

УДК 621.396

Саржан Павел Константинович

направление Конструирование и технология электронных средств
(магистратура), гр. ЭВСм-11

Научный руководитель

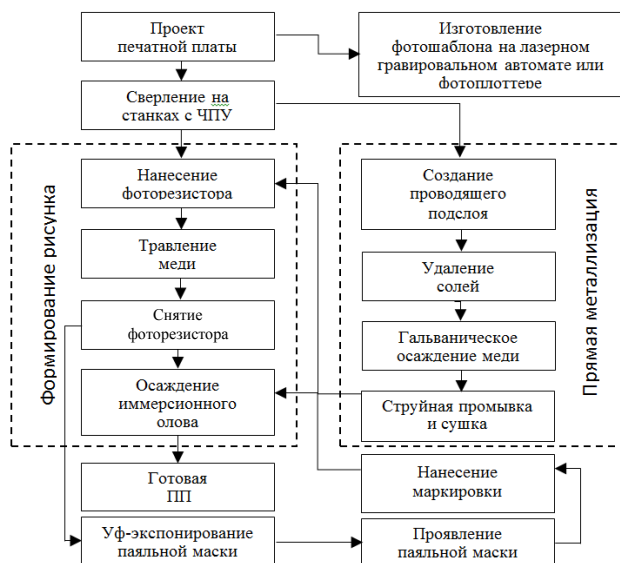
Петухов Игорь Валерьевич, д-р техн. наук, профессор,
кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Современный технологический процесс изготовления печатных плат (ПП) достаточно сложный многопараметрический процесс, в котором на состояние выходной продукции оказывает множество факторов, в том числе качество материалов, тип оборудования и режимы его работы.

Представим обобщенную структурную модель технологического процесса [2]:



Структурная модель технологического процесса

Каждый элемент модели имеет как входные, так и выходные параметры, оптимизация которых позволяет влиять на процент выхода годной продукции. Отметим наиболее характерные дефекты ПП и причины их возникновения.

- 1) При гальваническом осаждении меди [3]:
 - различия по толщине осадка меди на поверхности вследствие низкой рассеивающей способности электролита;
 - отслоение покрытия;
 - подгар (рыхлый осадок меди);
 - трещины в металле, которые появляются из-за выделяющихся при металлизации газов (кислорода, водорода), из-за микрозагрязнений;
 - точечная коррозия, отсутствие блеска, неравномерное покрытие, уменьшение пластичности осадка в результате загрязнения электролита органическими веществами: фоторезистами, продуктами разложения добавок и др.

Рассмотренные выше дефекты связаны с малой подвижностью электролита в полостях отверстиях и порах ПП. Существуют следующие *способы устранения этих дефектов*:

- применение ванн с постоянной циркуляцией электролита,
- использование ультразвуковых колебаний при электролитическом осаждении меди из сернокислого электролита,
- применение горизонтальных линий металлизации, в которых происходит струйное нагнетание электролита,
- использование специальных добавок в электролит, термовакuumная обработка медного покрытия.

2) Смещение отверстий и контактных площадок происходит из-за неточности сверления (уход сверла), погрешностей совмещения слоев и погрешностей в базовых элементах слоев и приспособлений, применительно к МПП.

3) Дефекты печатных проводников. Характерными дефектами проводников являются их зауживание, отслоение, образование в них выемок и отверстий в результате травления фольги с пробельных мест и подтравливания токопроводящего участка, защищенного металлорезистом. Причина подтравливания – большая толщина травливаемого слоя и ухудшение свойств травителя в результате эксплуатации.

Выводы

Проанализировав причины возникновения дефектов, можно сделать вывод, что актуальной является разработка более совершенных методов контроля и оптимизации технологического процесса изготовления ПП, а также повышения уровня автоматизации производства, что в свою очередь повысит качество производимых ПП. Опираясь на экспертные выводы, основную работу следует выполнить в части оптимизации процедур управления технологических операций травления и осаждения меди на поверхность печатной платы.

Список литературы

1. Технологические операции изготовления ПП. Лекция № 13 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prodav.narod.ru/design/index.html>
2. Обобщенная структурная модель технологического процесса изготовления печатных плат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tabe.ru/equipment/articles/pcb_equipment_sel.php
3. Капица М. Гальваническое меднение в производстве печатных плат // Технологии в электронной промышленности. – 2006. – № 3. – С. 30-32.
4. Пирогова Е. В. Проектирование и технология печатных плат: учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.

Смоленцев Павел Геннадьевич

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-12

Научный руководитель

Чернов Андрей Алексеевич, канд. техн. наук, доцент,
кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический
университет», г. Йошкар-Ола*

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ РАБОТЫ С SDR

Введение

Традиционно в радиосистемах функции физического уровня (фильтрации, модуляции/демодуляции, преобразование спектра, усиление сигналов) выполнялись аппаратными методами, и любые изменения в системе могли быть внесены только непосредственным физическим вмешательством в схему устройства. Это приводило к высокой стоимости изделий и ограниченности в поддержке нескольких стандартов сигналов. Программно-определяемые радиосистемы получаются эффективнее и дешевле. Такие устройства могут иметь несколько режимов работы в различных диапазонах частот и большой набор дополнительных функций за счет обновления программного обеспечения.

SDR объединяют аппаратные и программные технологии, где все или некоторые из работающих функций настраиваются посредством программного обеспечения

Цели исследования – обзор и теоретический анализ аппаратных и программных средств работы с программно-конфигурируемым радио.

Определение и задачи технологии

SDR – это радиопередающее и/или радиоприемное устройство, в котором используется технология, позволяющая с помощью пакета программного обеспечения устанавливать и конфигурировать рабочие частотные параметры радио, такие как диапазон частот, вид модуляции, выходная мощность [1].

Задача технологии *SDR* состояла в создании компактного устройства, позволяющего избавиться от микросхем специализированной

электроники (отдельные чипы *GPS*, *GSM*, *Wi-Fi*, *Bluetooth* и т. д.), применяемых для работы с разными типами радиосигналов, и вместо этого всю необходимую обработку преимущественно делать программными методами в одном-единственном процессоре.

Конфигурация *SDR* происходит либо с помощью программного обеспечения, либо (и) посредством аппаратных средств. Для этой цели в *SDR* используются ЦОС-процессоры или/и ПЛИС. Программным методом настраиваются рабочая частота, полоса пропускания, количество несущих, скорость, тип модуляции и другие параметры. Новые параметры либо загружаются с внешнего носителя или же по беспроводному каналу, либо вводятся напрямую и другими методами. Это очень удобное решение, поскольку для изменения параметров схемы ее не нужно переделывать [2].

В настоящий момент существует немало устройств программно-определяемого радио. Наиболее распространенные устройства *SDR*:

- **RTL-SDR**, в основе которого лежит DVB-T тюнер на чипсете RTL2832U. Наибольшая теоретическая частота дискретизации составляет 3,2 МГц, диапазон рабочих частот – 24-1766 МГц.

- **HackRF** – имеет широкий диапазон частот, от 30 МГц до 6 ГГц, что сравнимо с более дорогими устройствами из семейства USRP. Частота дискретизации составляет 20 МГц. Используется 8-битный АЦП.

- **BladeRF**– диапазон рабочих частот составляет от 300 МГц до 3,8 ГГц. Частота дискретизации – 28 МГц. Разрядность АЦП – 12 бит.

- Российская разработка **UmTRX**, частота дискретизации – 13 МГц. Диапазон частот и разрядность АЦП совпадает с параметрами bladeRF.

- **LimeSDR** – совместная разработка компаний Canonical и LimeMicro. Диапазон частот – 100 кГц – 3,8 ГГц, ширина полосы пропускания – 61,44 МГц.

Универсальная программируемая радиопериферия, или **USRP** – приемопередатчик, подключающийся к ПК через USB или GigabitEthernet порт и работающий с различными частотами за счет дополнения платami расширения. Существует несколько семейств продуктов USRP: XSeries (X300, X310), NetworkedSeries (N200, N210) и EmbeddedSeries (E310, R312, E313 (E310 в корпусе с защитой от проникновения воды и пыли по стандарту IP67)) [3].

Семейство продуктов *USRP* было разработано с учетом доступности, и многие продукты имеют открытый исходный код [4].

USRP, а также и другие устройства используются в совокупности с программными пакетами, предназначенные для работы с SDR. Широкими возможностями обладают пакеты прикладных программ *GNURadio*, *NILabVIEW* и *MathWorksSimulink*.

Ключевым достоинством *GNURadio* является пополняемая сообществом разработчиков библиотека готовых блоков для работы с сигналами различных типов.

NILabVIEW включает в себя и разработку программно-определяемого радио. Для работы SDR используется контрольно-измерительное аппаратное обеспечение.

LabVIEW поддерживает блоки, содержащие код *C*, а также *MATLAB.m* код. Это может также использоваться в *LabVIEWCommunications*. Часто первоначальный дизайн алгоритма выполняется в среде *MATLAB*.

Matlab USRP CommunicationSystemToolbox является пакетом расширений для программы *Matlab*, который позволяет работать с платформами SDR компании *EttusResearch* и создавать прототипы приемопередающих устройств. Этот пакет расширений содержит множество примеров работы с SDR, выполненных как в виде вызываемых команд, так и в виде моделей *Simulink*, что позволяет на их основе проектировать собственные решения [5].

Список литературы

1. Карпенков А. С. Спектральная обработка радиосигнала с использованием вейвлет-функции Морле в программно-зависимом радио: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» / Владимирский гос. ун-т. – Ковров, 2010. – 114 с.
2. Найбарханов Б. И., Овсянников С. В. Методы построения программно-определяемого радио // Актуальные вопросы эксплуатации систем охраны и защищенных телекоммуникационных систем. – 2015. – С. 151-153.
3. *USRPProducts* - *EttusResearch* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ettus.com/product>
4. Стрельцов Н. А., Горячев Н. В., Трусков В. А. SDR-трансиверы и их применение // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2014. – Т. 1. – С. 51-52.
5. Буланов Д. В., Лазарев В. О. Методика создания прототипа мобильного приемопередатчика на платформе программируемого радио // *Computational-Nanotechnology*. – 2015. – № 3. – С. 31-38.

Соколов Никита Дмитриевич

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-12

Научный руководитель

Елсуков Алексей Александрович, канд. техн. наук, доцент,
кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический
университет», г. Йошкар-Ола*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КВАЗИВЕРТИКАЛЬНЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ ПО ДАННЫМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ

Введение

Способность радиоволн декаметрового диапазона отражаться от ионосферы Земли обеспечивает уникальные свойства систем связи. Отражение сигналов на высотах 100-350 км позволяет организовать связь малые расстояния (несколько сотен километров), что особенно актуально, когда абоненты разделены сложным рельефом местности. Многолучевой прием и изменчивость параметров частотных каналов во времени и пространстве приводят к нестабильности декаметровой связи. В данной работе планируется экспериментальная апробация применения вертикального ионозонда в задаче частотного обеспечения ближней ионосферной связи.

Цель исследования – определить характеристики квазивертикальных каналов связи по данным вертикального зондирования ионосферы.

Определение и задачи технологии

Радиотехнические системы (РТС) связи, радиозондирования и другие имеют структуру, представленную на рисунке 1. Она свидетельствует о том, что физическая среда распространения радиоволн (в нашем случае ионосфера) является неотъемлемой составной частью этих РТС, и поэтому ее называют радиоканалом [1, 2].



Рис. 1 – Общая структура РТС, использующих для связи физическую среду

Рассмотрим далее особенности распространения радиоволн декаметрового диапазона применительно к областям их применения: связь и зондирование среды.

Короткие радиоволны могут распространяться на многие тысячи километров путем многократных последовательных отражений от ионосферы и земной поверхности, и для этого не требуется передатчиков большой мощности. Это свойство КВ используется при построении систем дальней радиосвязи и загоризонтной радиолокации.

Важно также, что состояние ионосферы может быть весьма неоднородным и поэтому рассмотренная простая схема распространения в ряде случаев не оправдывается. В частности, области E и F_1 могут вызвать поворот или преломление луча (изменения траектории при прохождении слоя насквозь). Усложняет картину распространения также спорадический слой E_s .

Старейшим методом исследования структуры и динамики ионосферы является метод вертикального зондирования (ВЗ). Ионозонд излучает вертикально вверх импульсные или сложные сигналы с периодически изменяющейся средней частотой и принимает отраженные от ионосферы сигналы, измеряет групповое время их распространения (после умножения на скорость света – так называемая действующая высота) [3].

Метод вертикального зондирования позволяет определить критические частоты ионосферных слоев, а также, после дополнительной обработки (решения обратной задачи ВЗ), истинные высоты отражения радиоволн и максимальные высоты ионосферных слоев (обычно эту обработку проводят сами станции ВЗ в реальном масштабе времени).

Хотя модель вертикального зондирования и позволяет получить профиль электронной концентрации, необходимый для имитационного моделирования канала, $N(h)$ -профиль может определять лишь общие закономерности КВ-канала для данного сезона, времени суток и солнечной активности. Сама же ионосфера постоянно меняется, и для решения задач диагностики тонкой структуры ионосферы использование прогноза вертикального зондирования при расчете характеристик распространения недостаточно.

Для учета реального состояния ионосферы в модели вертикального зондирования предусмотрена коррекция профиля ионизации по критическим частотам и максимальным высотам ионосферных слоев в некоторой точке.

Для этих целей и требуются данные станций ВЗ. Модель вертикального зондирования с коррекцией профиля в одной пространственно-временной точке позволяет получить профиль ионизации, адаптированный к реальным ионосферным условиям [4].

Когда связь между передатчиком и приемником в режиме прямой видимости невозможна по причине гористого или городского ландшафта, может быть использован квазивертикальный режим распространения ВЧ-сигнала в КВ-диапазоне с отражением от ионосферы, получивший название NVIS. Эта техника предусматривает работу пространственной волной, падающей на ионосферный слой почти вертикально, и отражающейся тоже почти вертикально вниз, создавая значительную напряженность поля на небольших расстояниях (десятки-сотни километров) от передатчика (рис. 2) [4].

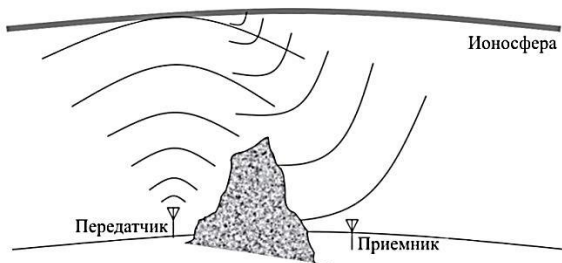


Рис. 2 – Схема передачи модели вертикального зондирования

Список литературы

1. Иванов В. А., Рябова Н. В., Царев И. Е. Диагностика функции рассеяния дециметровых узкополосных стохастических радиоканалов // Радиотехника и электроника. – 2009. – Т. 55, № 3. – С. 285-292.
2. Иванов В. А., Рябова Н. В., Багракова М. И. Экспериментальное исследование диапазонов оптимальных рабочих частот адаптивных дальних радиолоний по результатам панорамного зондирования ионосферы ЛЧМ-сигналом // Вестник ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Сер.: Радиофизика. – 2010. – № 3. – С. 87-94.
3. Вертоградова, Е. Г. Диагностика, моделирование и прогнозирование характеристик дециметровых радиоволн в естественно возмущенной и искусственно модифицированной ионосфере: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.03. – Ростов-на-Дону, 2014. – 179 с.
4. Johnson E. E. Nvis Communications During The Solar Minimum // New Mexico State University. LasCruces, NM, 2007.

Соловьева К.Н.

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-12

Научный руководитель

Рябова Наталья Владимировна, д-р физ.-мат. наук, профессор,
кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖМОДОВЫХ ЗАДЕРЖЕК В ИОНОСФЕРНЫХ ДЕКАМЕТРОВЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ

Основное влияние на работу ВЧ систем передачи данных оказывают эффекты многолучевости, которые возникают при распространении сигнала. Исследование влияния эффектов многолучевости на характеристики ионосферного канала основывается на анализе суммарной передаточной функции. Передаточная функция является структурной функцией ионосферного радиоканала и позволяет применить радиотехнические методы и подходы к исследованию ионосферных радиолиний. Определение модуля передаточной функции позволяет определить такие параметры ионосферных радиоканалов, как глубина замирания, частотные диапазоны конструктивной и деструктивной интерференции [1, 2].

Цель работы – исследование межмодовых задержек высокочастотных радиоканалов по экспериментальным данным наклонного радиозондирования, расчет ФЧХ для ионосферных каналов связи с различной частично-временной структурой.

Обработка и очистка ионограмм осуществляется в программно-аппаратном комплексе, разработанном в среде LabVIEW, лицевая панель которого представлена на рисунке 1.

Данное ПО производит очистку ионограмм с помощью методов динамического порога и одиночных выбросов. Затем в окне очищенной ионограммы оператор ПО может выделить необходимые треки мод распространения КВ-радиосигнала, в результате чего автоматически рассчитывается расстояние между треками – межмодовая задержка.

Для анализа поставленной цели был проведен натурный эксперимент с использованием программно-аппаратного комплекса ПГТУ, реализующего зондирование ионосферного радиоканала сложным ЛЧМ сигналом. В ходе эксперимента для двухмодовых и трехмодовых случа-

ев распространения сигнала были построены фазо-частотные характеристики сигнала и их огибающие на интервале 1 периода изменения (рис. 2).

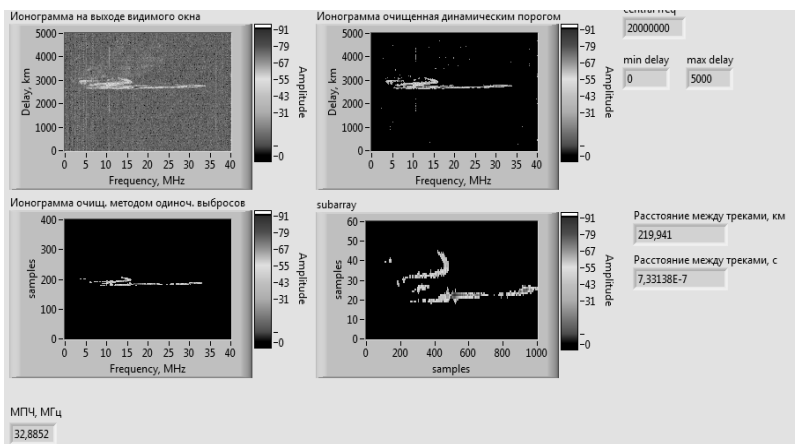


Рис. 1 – Лицевая панель ПО

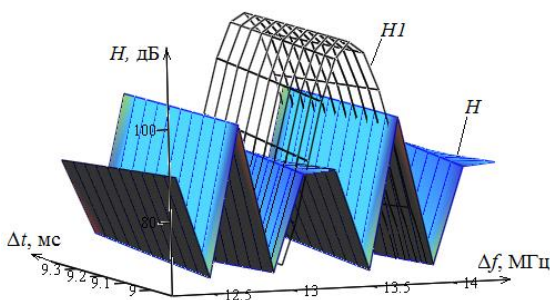


Рис. 2 – Фазо-частотная характеристика двухлучевого сигнала

Для исследуемых радиосигналов установили, что межмодовые задержки для двухмодового канала изменяются в пределах 0,40-0,42 мс; для трехмодового канала – варьируются в пределах 0,38 мс-1 с.

По классификации каналов, предложенных международным консультативным комитетом по радио (МККР), можно сделать выводы, что двухмодовому каналу соответствует «хорошее» качество канала, а трехмодовому – «среднее». Из полученных графиков видно, что на

масштабе T длительности фазо-частотной характеристики укладывается 2 периода колебания функции косинуса. Следовательно, замирания не являются гладкими.

Выводы

Разработано программное обеспечение, позволяющее производить оценку межмодовой задержки и максимально применимой частоты при зондировании высокочастотного радиоканала сложными сигналами. Проведен натурный эксперимент, получены результаты измерений межмодовой задержки для радиолинии Кипр – Йошкар-Ола.

Список литературы

1. Иванов Д. В. Методы и математические модели исследования распространения в ионосфере сложных декаметровых сигналов и коррекции их дисперсионных искажений: монография. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – 268 с.
2. Рябова Н. В. Диагностика и имитационное моделирование помехоустойчивых декаметровых радиоканалов: научное издание. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 292 с.

УДК 621.396.946:519

**Соловьева Ксения Николаевна,
Овчинников Владимир Викторович**

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-12

Научные руководители:

Чернов Андрей Алексеевич, канд. техн. наук, доцент,
кафедра радиотехники и связи

Рябова Мария Игоревна, канд. физ.-мат. наук, доцент,
кафедра высшей математики

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный
технологический университет», г. Йошкар-Ола*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРЕХМЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЧ-СИГНАЛОВ В КАНАЛЕ РАДИОСВЯЗИ ДЛЯ РАДИОЛИНИЙ РАЗЛИЧНОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ

Актуальность исследования

Одной из важнейших проблем функционирования инфокоммуникационных беспроводных систем высокочастотного (ВЧ) диапазона является повышение надежности их работы. В своем составе такие системы имеют линии связи с постоянно меняющимися характеристиками. Раз-

витие цифровой техники позволяет использовать для связи цифровые сигналы и цифровые методы их обработки. При этом активно начинают использоваться многомерные сигналы. Среду распространения таких сигналов можно представить в виде многомерной системы, параметры которой подвержены постоянным пространственно-временным вариациям. Важен учет комплекса изменяющихся помех.

Цель исследования – разработка методики для расчета трехмерных изображений частотных зависимостей задержки, рассеяния по задержке и их полиномиальных моделей для радиолиний различной протяженности и для различных геофизических условий.

Расчет трехмерных изображений частотных зависимостей задержки производился с использованием программного обеспечения LabVIEW.

Данный виртуальный прибор позволяет построить зависимости задержки, рассеяния по задержке и их полиномиальные модели. В качестве модели ионосферы использовалась глобальная международная справочная модель IRI, допускающая адаптацию к индексу солнечной и магнитной активности.

На рисунке 1 представлена модельная дисперсионная характеристика (ДХ), полученная на основе данных модели IRI-2012. На рисунке 2 представлена синтезированная по разработанной методике ДХ. Значения амплитуды спектров элементов сигнала нормировались по отношению к максимальному значению в спектре элементов сигнала на высоте спорадического слоя E_s без дисперсии и смещения. Цветом показан спектральный уровень мощности сигнала.

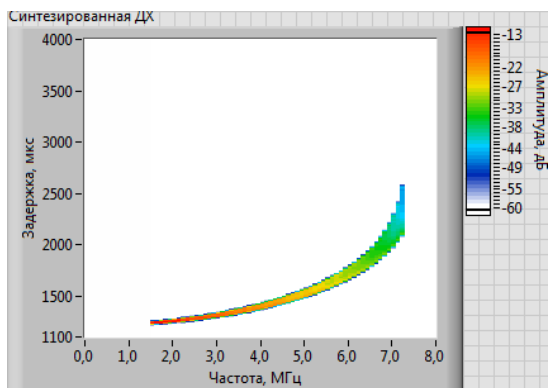


Рис. 1 – Модельная дисперсионная характеристика ВЧ-сигнала

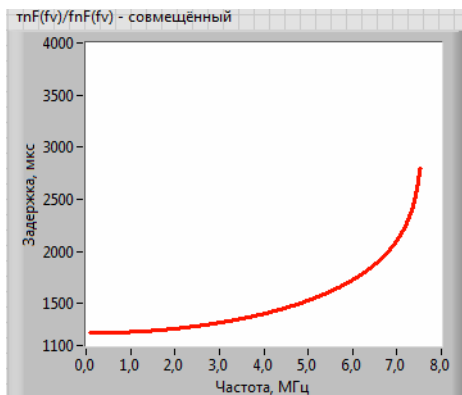


Рис. 2 – Синтезированная дисперсионная характеристика ВЧ-сигнала

Для анализа данных зондирования и результатов расчётов был проведён вычислительный эксперимент с использованием разработанного виртуального прибора. Исследовались искажения треков и потери мощности сигнала в зависимости от протяжённости трассы, полосы канала, солнечной активности, выраженной в числах Вольфа, времени года и суток.

Вывод

Разработана методика для расчета трехмерных изображений частотных зависимостей задержки, рассеяния по задержке и их полиномиальных моделей для радиолиний различной протяженности и различных геофизических условий.

Проведён вычислительный эксперимент, по результатам которого установлено, что потери мощности сигнала растут с ростом средней частоты элемента. Ночью потери мощности сигнала меньше, чем днём. Из-за конечной длительности выборки и из-за дисперсности треки на ионограмме имеют конечную ширину. При этом с приближением к критической частоте слоя, когда увеличивается фазовая дисперсность, растёт ширина трека синтезированной ДХ. Также с увеличением полосы элемента проявляется влияние кубической составляющей фазочастотной характеристики (ФЧХ).

Список литературы

1. Овчинников В. В., Рябова М. И. Обработка ионограмм наземного зондирования ионосферного радиоканала в среде LabVIEW // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. Ч. 3. Новые технологии инфокоммуникаций, радиотехники и электроники для прорывных отраслей промышленности. – Йошкар-Ола, 2015. – С. 106-109.

Стрепетов Александр Романович

направление Проектирование вычислительных систем (магистратура),
гр. ЭВСм-21

Научный руководитель

Алиев Марат Туфикович, канд. техн. наук, доцент,

кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ УТОМЛЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Введение

В сфере профессиональной деятельности человека длительное влияние на него внешних и внутренних факторов производственного процесса приводят к формированию повышенной психоэмоциональной напряженности и хронической усталости. В настоящее время одним из видов такой деятельности является операторское сопровождение видеодисплейных терминалов (ВДТ) вычислительных комплексов. В связи с широким внедрением вычислительных комплексов с ВДТ в промышленное производство, научно-техническую и другие сферы деятельности, вопросы зрительного утомления затрагивают не только профессиональных операторов, но и широкий круг пользователей в учебных заведениях и в домашних условиях.

Интерес к проблеме функционального состояния человека в процессе операторского сопровождения ВДТ связан с рядом обстоятельств. В ходе анализа литературных данных установлено, что продолжительность работы, особенно время наблюдения за экранными формами на ВДТ, является основным фактором, определяющим зрительное утомление. Выполненные исследования по изучению зрительных расстройств показали, что при утомлении происходят функциональные изменения зрительного анализатора (ЗА), такие как сокращение объема аккомодации, изменение мышечного баланса и ухудшение характеристик центральной нервной системы [1-4].

При этом в научной литературе отмечается зависимость лабильности анализаторных систем от степени утомления. Установлено, что влияние утомления в большей степени отражается на показателях критической частоты световых мельканий и времени простой зрительно-моторной реакции [4].

Результаты патентного поиска и анализ литературных источников свидетельствуют, что при исследовании анализаторных систем в первую очередь определяют временные параметры зрительного восприятия, которые характеризуются, в частности, его возбудимостью и инерционностью [5, 6].

Актуальность темы

Современному миру все чаще требуется создание прикладных программ и инструментальных средств, которые наделены функциями оценки физиологического и психофизиологического состояния операторов при длительной зрительной нагрузке, а также обеспечивающие снижение влияния внешних факторов путем изменения параметров ВДТ и энергопотребления ЭВМ.

Таким образом, разработка программных и инструментальных средств оценки утомления операторов эргатических систем (рис. 1), является актуальной задачей, что позволит оценить индивидуальный характер адаптации к напряженной работе и своевременно внести коррективы в организацию рабочих перерывов.

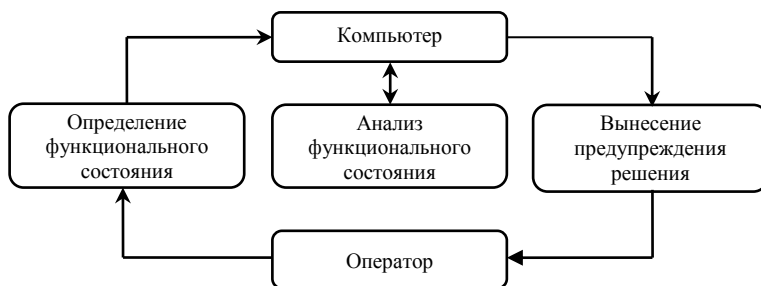


Рис. 1 – Упрощенная структура информационно-измерительной системы оценки утомления

Целью исследования является разработка аппаратно-программного комплекса оценки утомления операторов ВДТ путем анализа времени ощущения и сенсомоторной реакции.

Существуют различные методы определения момента наступления зрительного утомления. Одним из наиболее простых способов является оценка времени ощущения ЗА путем представления испытуемому пачки световых тестовых импульсов, максимальная длительность паузы между которыми регулируется.

График динамики времени ощущения ЗА для оценки зрительного утомления операторов ВДТ, полученные по результатам тестирования

при вводе текста, представлен на рисунке 2, где серым цветом отмечено время перерывов [7, 8].

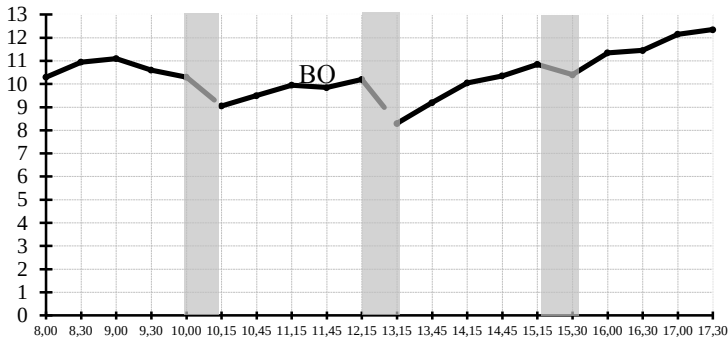


Рис. 2 – Типичный график динамики значения времени ощущения ЗА

По горизонтальной оси – время, час. мин; по вертикальной оси – время ощущения, мс; серым выделены промежутки времени равные 2 часам трудовой деятельности в условиях монотонной непрерывной работы

Анализируя график, представленный на рисунке 1, отметим, что ощущение дискомфорта появляются каждые 2 часа непрерывной работы, и через 6 часов с учетом 15-минутного и 1-го часового перерыва фиксируется значительное утомление, влияющее на трудовую деятельность пользователя вычислительных комплексов. На основании вышеизложенного с уверенностью можно сказать, что не рекомендуется работать за ВДТ более 1 часа, а суммарно более 6 часов в день, к сожалению, современный ритм жизни и условия труда не позволяют придерживаться таких норм.

На рисунке 3 представлена структурная схема устройства измерения времени ощущения ЗА и скорости набора текста.

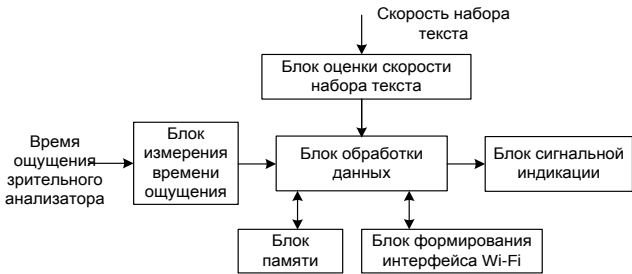


Рис. 3 – Структурная схема устройства оценки времени ощущения ЗА

и скорости набора текста

Для дальнейшего хранения и обработки информация передается по беспроводному интерфейсу связи, который представляет собой ЭВМ с предустановленным программным обеспечением, выполняющим функции окончательного принятия решений.

На последнем этапе происходит сравнение полученных параметров динамики усталости и принятие решения по оптимизации условий работы оператора, таких как изменение яркости монитора и освещения рабочего места оператора, запуск программного обеспечения тренинга глаз. При обнаружении острого утомления выводится предупреждение и отстранение оператора от работы.

Выводы

Таким образом, установлено, что существует зависимость между временными параметрами зрительного восприятия и степенью физического утомления. Анализ графиков динамики изменения значения времени ощущения ЗА позволяет оценить степень при длительной зрительной нагрузке.

На основе изученных данных факторов разработано устройство оценки времени ощущения ЗА и скорости набора текста. В процессе анализа полученных данных динамики усталости реализуется алгоритм принятия решения по оптимизации условий работы оператора.

Список литературы

1. Казарян Э. Э., Мамиконян В. Р. Причины и профилактика утомляемости зрительного анализатора у пользователей компьютерных видеодисплеев // Вестник офтальмологии. – 2003. – Т. 119, № 3. – С. 50-53.
2. Алиев М. Т., Тихонов С. Л. Аппаратно-программный комплекс для оценки эффективной деятельности человека // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 3. – С. 76-85.
3. Психофизиологические основы профилактики перенапряжения / Ю. В. Мойкин, А. И. Киколов, В. И. Тхоревский, Л. Е. Милков. – М.: Медицина, 1987. – 256 с.
4. Роженцов В. В. Критическая частота световых мельканий: применение, способы и устройства измерения: монография. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 156 с.
5. Горшков С. И., Золина З. М., Мойкин Ю. В. Методики исследований в физиологии труда. – М.: Медицина, 1974. – 311 с.
6. Петухов И. В., Роженцов В. В., Алиев М. Т. Исследование точности оценок временных характеристик зрительного восприятия // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2007. – Т. 144, № 8. – С. 236-237.

7. Роженцов В. В., Алиев М. Т. Время ощущения зрительного анализатора человека // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2005. – № 3 (39). – С. 20-23.

8. Патент 2231293 РФ, МПК⁷ А 61 В 5/16. Способ определения времени возбуждения зрительного анализатора человека / В. В. Роженцов, М. Т. Алиев (РФ). – Опубл. 27.06.2004, Бюл. № 18.

УДК 539.376

Таныгин Константин Александрович,

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-12

Научные руководители:

Рябова Наталья Владимировна, д-р физ. мат. наук, профессор
кафедра радиотехники и связи

Сушенцов Роман Александрович, аспирант
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола

ИОНОСФЕРА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ В НЕЙ ДЕКАМЕТРОВЫХ РАДИОВОЛН

Введение

Основную часть пути от передатчика к приемнику сигналы проходят в ионосфере. Поэтому она является линией связи для всех ВЧ радиосистем. Ионосфера представляет собой низкотемпературную плазму с ярко выраженной слоистой структурой, которая характеризуется плазменными частотами и частотно зависимым показателем преломления. Это является одной из причин распространения сигналов по нескольким траекториям (эффекта многолучевости). Многолучевость, в свою очередь, является причиной замираний принятого сигнала. Кроме того, распространяющиеся ВЧ сигналы испытывают искажения из-за близости их частот к плазменным частотам среды. Отметим также, что среда распространения испытывает значительную пространственно-временную изменчивость. Данные физические эффекты приводят к искажениям принимаемого сигнала и ухудшают помехоустойчивость ВЧ-радиосистем.

Цели работы – обзор и теоретический анализ характеристик узкополосных ионосферных многолучевых радиоканалов, исследование методов и алгоритмов работы устройств.

Основные факторы изменений данных

Ионосфера – основной элемент КВ радиосвязи. Она представляет собой ионизированные слои атмосферы Земли с нижней границей на высоте 50-60 км и верхней на 250-500 км. Параметры ионосферы, такие как концентрация электронов, ионный состав, температура и скорость направленного движения заряженных частиц, испытывают разнообразные вариации со временем и в пространстве: сезонные, суточные, широтные, долготные. Рассмотрим основные факторы данных изменений.

Солнечное излучение. Солнечное излучение оказывает основное влияние на ионосферу, вызывая ее ионизацию [1]. Интенсивность солнечного излучения постоянно изменяется во времени и характеризуется числом солнечных пятен, которые порождаются вспышками.

Солнечное излучение состоит из электромагнитной и корпускулярной составляющих. Основная по значимости – электромагнитная составляющая включает в себя ультрафиолетовое и рентгеновское излучение. Каждая из частей солнечного излучения воздействует на различные области атмосферы Земли и приводит к их ионизации [2].

Влияние солнечного излучения на структуру ионосферы. Плотность энергии ионизирующего потока, приходящего к Земле, в зависимости от высоты падает в результате поглощения в атмосфере, при этом плотность газа по мере приближения к земле возрастает. Поэтому электронная концентрация $N(h)$ как функция высоты имеет максимум, на высоте которого ионизация наиболее интенсивна. В связи с этим в ионосфере различают три основные области, обозначаемые буквами D , E , F (их также называют слоями), а при рассмотрении следует отметить более тонкую структуру слоя F , который состоит из областей F_1 и F_2 (рис. 1).

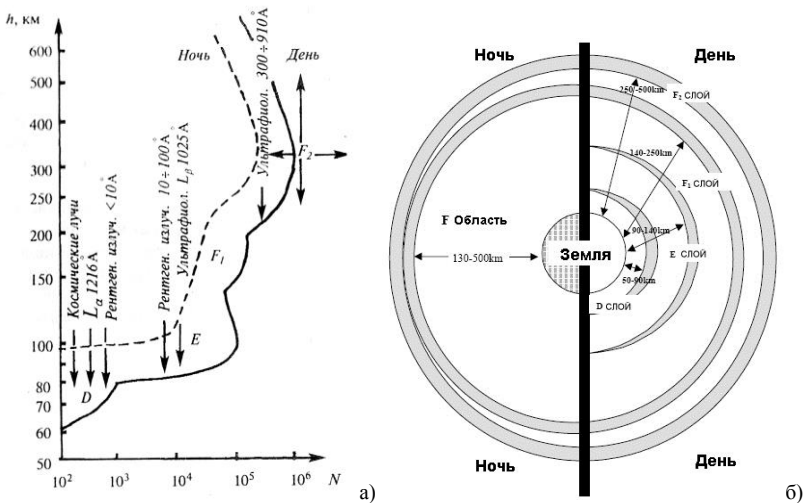


Рис. 1 – Ионосферные слои Земли

На рисунке 1 а представлено идеализированное распределение $N(h)$ (см^{-3}) в ионосфере с высотой ($N(h)$ – профиль электронной концентрации) [3]. Днем степень ионизации значительно выше, а ночью слои D и F_1 исчезают, при этом наблюдается повышение высоты нижнего слоя. Стрелками показаны основные факторы ионизации для областей D, E, F (вертикальные стрелки). Символы L_α и L_β обозначают линии серии Лайман из спектра водорода. В нижней ионосфере в D, E и F_1 областях, где преобладают фотохимические процессы, регулярные вариации ионосферных параметров определяются прежде всего вариациями скорости ионообразования.

Географические особенности. Широтные вариации в нижней ионосфере в отсутствие высыпаний имеют довольно гладкий характер, поскольку обусловлены в первую очередь вариациями зенитного угла Солнца. Иная ситуация имеет место в области F_2 и во внешней ионосфере, где существенную роль играют процессы переноса плазмы, контролируемые геомагнитным полем. В области F_2 широтные вариации определяются наряду с вышеперечисленными факторами.

С этими вариациями связано разделение ионосферы на следующие широтные регионы [4]:

а) низкоширотная, или приэкваториальная ионосфера (в пределах ~

$\pm 30^0$ от геомагнитного экватора), в которой геомагнитное поле почти горизонтально, отсутствует связь с вышележащей плазмосферой;

б) среднеширотная ионосфера (примерно от 30° до 55° геомагнитной широты), в которой геомагнитное поле умеренно наклонено;

в) субавроральная ионосфера, включающая в себя область главного ионосферного провала (от 55 до 65^0 геомагнитной широты), которая является переходной областью от средних широт к высоким;

г) высокоширотная ионосфера (к полюсу от провала, т.е. $>65^0$) – район наиболее сильного ионосферно-магнитосферного взаимодействия, который можно разделить на ионосферу авроральной зоны ($65-75^0$), в которой максимальны интенсивности высыпаний энергичных частиц и величины энергетических полей, и ионосферу полярной шапки ($>75^0$), в которой имеет место режим сверхзвукового истечения плазмы из F_2 области и внешней ионосферы – полярный ветер.

Временные оценки вариаций параметров ионосферы. Описанная выше структура ионосферы подвержена постоянным изменениям, среди которых можно выделить регулярные и нерегулярные.

Регулярные изменения параметров могут происходить вследствие вариаций невозмущенного состояния Солнца в цикле солнечной активности – 11-летний цикл, при этом также различают длиннопериодические (17,1 года) и короткопериодические (7,3 года) циклы. Также проявляются циклические изменения, связанные с вращением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца (суточные, сезонные).

Переходы от дня к ночи (закат) и от ночи ко дню (восход) (рис. 1.б) образуют так называемый «дневной/ночной терминатор» и порождают в ионосфере сильные градиенты электронной концентрации.

Список литературы

1. Альперт Я. Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера. – М.: Наука, 1972. – 563 с.
2. Долуханов М. П. Распространение радиоволн. – М.: Связь, 1972. – 152 с.
3. Николе М. Аэрномия. – М.: Мир, 1964. – 298 с.
4. Брюнелли Б. Е., Намгаладзе А. А. Физика ионосферы. – М.: Наука, 1988. – 526 с.

УДК 551.508.8

Тетешев Василий Валерианович

направление Радиотехника (магистратура), гр. РТм-11

Научный руководитель

Хафизов Динар Гафиятуллович, канд. техн. наук, доцент,
кафедра радиотехнических и медико-биологических систем
*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СБОРА МЕТЕОДАНЫХ

Актуальность

Вопросам прогнозирования погоды и созданию автономных комплексов придаётся большое значение, так как информация о погоде является в настоящее время особенно важной в различных сферах деятельности. Прогнозирование погоды улучшает условия жизни человека, является необходимым для гражданской авиации, сельского хозяйства, мореплавания, космонавтики, астрономии и т.д.

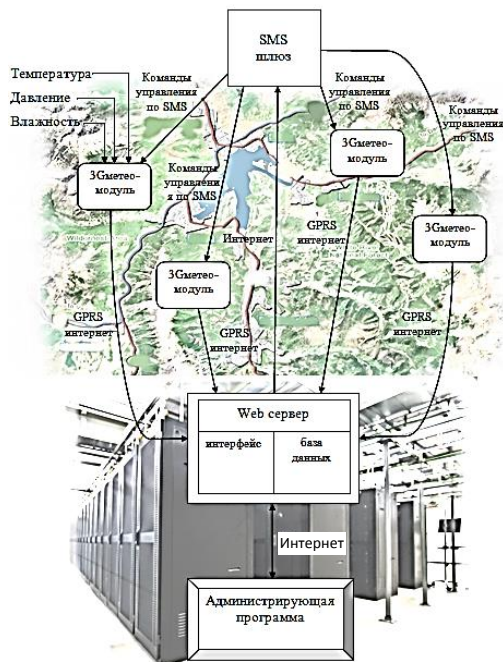
Целью данного проекта являлась разработка аппаратно-программного комплекса сбора метеоданных с использованием GSM/GPRS модулей.

Была разработана структурная схема системы сбора метеоданных. Главным элементом в этой системе являются модули, которые выполняют функцию сбора данных о погоде (а именно: температура, влажность и давление).

Эти данные посредством системы GPRS поступают на Web-сервер. Настройка частоты сбора данных модулями осуществляется через администрирующую программу. Программа отправляет данные о настройке на сервер, сервер формирует запрос и отправляет его на модули через SMS-шлюз. Настройки с шлюза поступают на модули при помощи SMS-сообщений.

В разработанном комплексе в качестве устройства сбора метеоданных был выбран GSM/GPRS модуль фирмы KernelChip, модель Ke-GSM3.

Выбор был обусловлен рядом факторов. В данных модулях установлен GSM модем. Каждый модуль имеет уникальный серийный номер. Также присутствует возможность удаленного управления с помощью SMS и возможность передачи информации на Web-сервер по сети интернет.



Структурная схема сбора метеоданных

Все модули Ke-GSM3 имеют два 10-разрядных АЦП и два входа для подключения датчиков температуры [1]. Один из АЦП модуля используется для подключения датчика давления, другой для датчика влажности. Температурный датчик подключается напрямую через цифровой интерфейс [3].

Администрирующая программа, которая управляет комплексом, обеспечивает выполнение следующих функций:

- регистрация нового модуля в системе сбора метеоданных);
- управление метеомодулями (перезагрузка модуля в случае зависания и изменение периода опроса метеомодулей);
- считывание метеоданных полученных с соответствующего модуля и визуализация полученных данных за выбранный период.

Список литературы

1. Модуль Ke-GSMv.3: руководство пользователя // KernelChip, 2011. – С. 4-60.
2. Хафизов Д. Г. Автоматизация обработки экспериментальных данных: конспект лекций. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – С. 10-16.

3. Дополнительный датчик температуры KTS-1 для модулей: руководство пользователя // Мастер Кит, 2011. – С. 1.
4. Хромов С. П., Мамонтова Л. И. Метеорологический словарь: учебник для вузов. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – С. 20-56.

УДК 621.3.076.7

Тораев Алексей Игоревич

направление Управление в технических системах (магистратура), гр. УИТСм-21

Научный руководитель

Кошкин Вениамин Васильевич, канд. техн. наук, доцент,
кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

МОДУЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ИНТЕРФЕЙСА JTAG

С развитием электронной техники увеличилось количество устройств на печатных платах. Для контроля работы устройства при изготовлении печатной платы необходимо выполнить ее тестирование. Существуют несколько способов проверки электрических параметров модуля, к которым обычно относят следующие [1]:

- 1) визуальный и автоматизированный контроль;
- 2) внутрисхемное тестирование – «прозвонка» печатной платы щупами;
- 3) периферийное сканирование – тестирование с использованием JTAG;
- 4) функциональное сканирование – сканирование на выполнение устройством необходимых функций.

Все перечисленные методы в итоге сводятся к контролю разрыва цепей, выходных параметров платы, наличия сигналов в той или иной цепи.

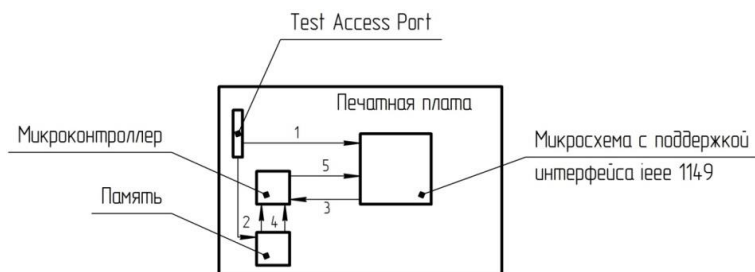
В современных устройствах часто встает необходимость контроля электрических параметров не только на этапе изготовления, но и на этапе эксплуатации. Возникает необходимость разработки встроенной аппаратуры модуля для автоматического контроля параметров по время работы в режиме прерывания текущей программы.

Данный модуль целесообразно реализовать с привлечением JTAG-интерфейса. Микроконтроллер (поддерживающий стандарт 1149.1) в определенный момент времени приостанавливает свою работу и посылает сигнал на ТАР-контроллер для запуска теста.

ТАР-контроллер выставляет необходимые данные на выходы микроконтроллера для проведения соответствующих тестов.

Вся информация для микроконтроллера предварительно загружена в память, расположенную в том же модуле.

После проведения тестов следует предусмотреть вывод полученной информации либо в память для хранения результатов тестирования, либо на устройства индикации.



Структурная схема работы модуля

Необходимые пояснения к рисунку:

- 1 – тестирование модуля на плате при производстве;
- 2 – загрузка данных для тестирования в память;
- 3 – микросхема отправляет запрос на запуск теста;
- 4 – данные из памяти посылаются в микроконтроллер;
- 5 – микроконтроллер производит тестирование печатной платы с помощью микросхемы с поддержкой интерфейса ieee 1149.

Список литературы

1. Разработка – как тестировать электронику на производстве: анализ современных технологий [Электронный ресурс]. – URL: <https://habrahabr.ru/company/promwad/blog/185356/> (дата обращения 03.11.2016).
2. Интерфейс JTAG и встроенная отладочная система [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/avr/arh128/13.htm> (дата обращения 03.11.2016).
3. Автономный модуль диагностирования: пат. 148188 Рос. Федерация: МПК G06F11/26 (2006.01) / Кошкин В. В., Новик М. С.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учрежде-

ние высшего профессионального образования «Поволжский государственный технологический университет». – № 2014117476/08; заявл. 29.04.2014; опубл. 27.11.2014.

УДК 621.396.946:519

Трушкова Ольга Александровна

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-12

Научные руководители:

Зуев Алексей Валерьевич, канд. техн. наук, доцент,

Кислицын Алексей Александрович, ст. преподаватель,

кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ
РАБОТЫ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ
ПРИ ТРАНСИОНОСФЕРНОМ РАСПРОСТРАНЕНИИ
СИГНАЛОВ**

Введение

При прохождении через ионосферу сигнал подвергается дисперсионным искажениям ввиду изменения фазовых соотношений между гармоническими его составляющими. Это может привести к частичной или полной потере информации в принимаемом сигнале [1].

В связи с этим актуальной задачей является необходимость решения задач по проблеме искажения сигналов радиотехнических систем, работающих через ионосферу Земли. Это будет способствовать достижению новых возможностей для работы широкополосных радиотехнических систем в дисперсных средах, обеспечивая оптимальную работу систем, а также их помехоустойчивость.

Целью проекта является создание программно-аппаратного комплекса для оценки влияния частотной дисперсии на искажения в трансионосферном радиоканале на основе результатов полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы с последующим составлением базы данных, содержащей рекомендации по выбору оптимальной полосы частот спутниковых систем связи.

Техническая сторона проекта предусматривает использование данных сети «Навгеоком» с целью получения параметров для расчета зна-

чений полного электронного содержания. Главными отличиями от других источников и использования двухчастотных приемников являются низкая стоимость, обеспечение высокой точности и достоверности измерений.

В случае широкополосных сигналов, при исследовании более сильных искажений, для восстановления фазочастотной характеристики тракта предлагается использовать математическую модель, где зависимость фазы от частоты представляется в виде разложения в ряд Тейлора. Далее, в зависимости от учёта коэффициентов разложения, выражаются параметры дисперсии различных порядков:

- ✓ дисперсия групповой задержки;
- ✓ наклон кривой;
- ✓ выпуклость или вогнутость кривой.

Продукт позволит проводить измерения как для высоких частот (более 1 ГГц), так и для частот близ критической (порядка 12...400 МГц). Это дает возможность создать обобщенную картину дисперсионных характеристик в исследуемом тракте. При этом основным требованием является ограничение полосы передаваемых сигналов относительно полосы когерентности ($F_p < F_k$).

С целью выявления искажений будет создан блок для построения спектров сигналов, распространяющихся в трансионосферном радиоканале, и проведена оценка возможности их компенсации.

Методика оценки дисперсионных искажений основана на экспериментальных результатах определения ПЭС ионосферы Земли с помощью технологий ГЛОНАСС/GPS, то есть, базируется на результатах не вертикального или наклонного, а трансионосферного зондирования ионосферы [2,3]. Также методика предполагает проводить оценку искажений на частотах близ критической частоты ионосферной плазмы.

Для вычисления дисперсионных характеристик (ДХ) по данным трансионосферного зондирования были рассчитаны вариации полного электронного содержания. Чтобы оценить влияние частотной дисперсии на вид ДХ построены зависимости наклонов дисперсионных характеристик, а также зависимости полос когерентности для каждого из сезонов.

Отличительной особенностью разрабатываемого комплекса от существующих аналогов является возможность измерения параметров дисперсии различных порядков для различных случаев частотного приближения, а также возможность оценки полосы когерентности для различных диапазонов космических систем в условиях изменчивости ионосферы.

Выводы

Представленный комплекс, а также полученные с его помощью результаты могут быть интересны предприятиям, занимающимися разработками перспективных систем спутниковой связи, радионавигации.

На стадии проектирования и эксплуатации средств космических и спутниковых систем можно будет закладывать разработанный программный модуль для учёта влияния дисперсионных искажений с дальнейшей целью их компенсации. Это будет способствовать достижению новых возможностей для работы широкополосных радиотехнических систем в дисперсных средах, обеспечивая оптимальную работу систем, а также их помехоустойчивость.

Список литературы

1. Искажения широкополосного радиосигнала в ионосфере, вызванные нелинейной частотной дисперсией / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, М. И. Рябова, Н. Н. Михеева, Е. В. Катков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 2(18). – С. 5-15.
2. Суточная динамика вертикального полного электронного содержания над городами Иркутск и Йошкар-Ола по данным GPS/ГЛОНАСС и модели IRI-2012 / Ю. В. Ясюкевич, А. А. Мыльникова, В. В. Демьянов, В. А. Иванов, Н. В. Рябова, А. В. Зуев, М. И. Рябова, А. А. Кислицын // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3(19). – С. 18-29
3. Экспериментальное определение полного электронного содержания в ионосфере над Йошкар-Олой с использованием технологий ГЛОНАСС/GPS / В. А. Иванов, Н. В. Рябова, М. И. Рябова, А. А. Кислицын // Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике: материалы IV Всероссийской научной конференции (III Всероссийские Арmandовские чтения). – Муром: Изд. полиграф. центр МИ ВлГУ, 2013. – С. 101-105.

УДК 621.396.946:519

Трушкова Ольга Александровна

направление Инфокоммуникационные технологии и системы связи
(магистратура), гр. ИТСм-12

Научный руководитель

Рябова Наталья Владимировна, д-р физ.-мат. наук, профессор,
кафедра радиотехники и связи

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ПРИ ВЛИЯНИИ ЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ

Введение

Широкополосные сигналы используются в спутниковых системах связи, которые охватывают практически всю поверхность Земли, за исключением полярных районов. При распространении между Землей и спутником сигнал подвергается дисперсионным искажениям, то есть происходит изменение фазовых соотношений между его гармоническими составляющими. Это может привести к искажению или потере полезной информации в принимаемом сигнале.

Актуальность данного исследования обуславливается необходимостью повышения помехоустойчивости систем космической связи, для обеспечения которой необходимо, в свою очередь, расширять полосу частот сигналов в условиях ограниченной полосы когерентности при возмущенной ионосфере.

Степень искажений сигналов, обусловленных частотной дисперсией в широкополосных радиоканалах, может быть оценена с помощью исследования дисперсионных (ДХ) и импульсных характеристик (ИХ) каналов [1].

Целью работы является исследование влияния частотной дисперсии на широкополосные сигналы в трансионосферном радиоканале для различных систем спутниковой связи.

Для восстановления фазочастотной характеристики тракта предлагается использовать математическую модель, где зависимость фазы от частоты представляется в виде разложения в ряд Тейлора.

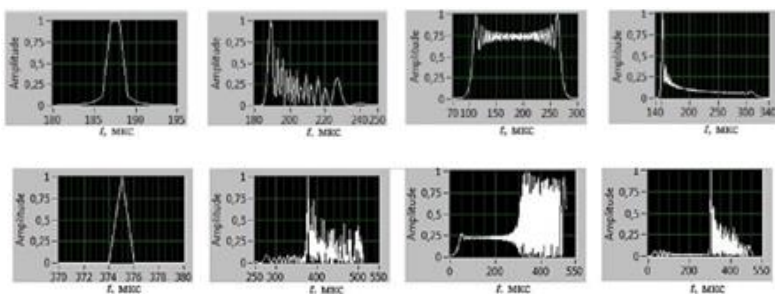
Далее выражаются параметры дисперсии первого, второго и третьего порядков: дисперсия групповой задержки (τ), наклон кривой (s), выпуклость или вогнутость кривой (ν) соответственно.

Важным параметром при построении дисперсионных характеристик является полное электронное содержание ионосферы, определение которого описано в работе [2].

Расчет параметров дисперсии осуществлялся для частот, используемых в работе различными спутниковыми системами связи: «Globalstar» и «Iridium» с одинаковыми несущими частотами 1,6 ГГц, но с разной шириной спектра 1,25 МГц и 2,5 МГц соответственно. Также для системы «Globalstar» рассчитаны параметры дисперсии для несущей частоты 5,1 ГГц и ширины спектра 1,25 МГц.

Значения параметров дисперсии, полученные для частот различных систем космической связи, необходимы для ограничения полосы частот передаваемых радиоволн относительно полосы когерентности.

Характер искажений можно оценить, построив *ИХ* канала и исследовав спектры сигналов для случаев с линейной и нелинейной частотной дисперсией. Для этого после вычисления параметров дисперсии второго и третьего порядков для соответствующих диапазонов частот, учитывая соответствующие слагаемые фазы, строятся конкретные импульсные характеристики канала.



Сравнение форм импульсных характеристик для ССС

Заключение

В ходе исследования построены зависимости дисперсионных и импульсных характеристик.

Установлено, что для исследуемых систем наибольшее значение групповой задержки наблюдается для ССС с наименьшей несущей частотой 0,3 ГГц, далее значение задержки убывает с уменьшением несущей частоты. При исследовании полос когерентности установлено, что с уменьшением рабочей частоты полоса уменьшается. Анализ построенных импульсных характеристик сигналов позволил установить, что *ИХ* с учетом квадратических и кубических слагаемых фазы имеют более широкую форму. С увеличением ширины спектра сигнала канал связи подвергается более значительным искажениям.

Список литературы

1. Искажения широкополосного радиосигнала в ионосфере, вызванные нелинейной частотной дисперсией / Д. В. Иванов, В. А. Иванов, М. И. Рябова, Н. Н. Михеева, Е. В. Катков // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 2(18). – С. 5-15.

2. Экспериментальное определение полного электронного содержания в ионосфере над Йошкар-Олой с использованием технологий ГЛОНАСС/GPS / В. А. Иванов, Н. В. Рябова, М. И. Рябова, А. А. Кислицын // Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике: материалы IV Всероссийской научной конференции (III Всероссийские Арmandовские чтения). – Муром: Изд. полиграфический центр МИ ВлГУ, 2013. – С. 101-105.

УДК 630.434

Уришов Дониёр Махмуджон угли
направление Электроника и нанoeлектроника (бакалавриат),
гр. ЭиНЭ-41

Научный руководитель
Леухин Владимир Николаевич, канд. техн. наук, доцент,
кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СПОСОБАХ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ПОДГОНКИ РЕЗИСТОРОВ

Электроискровая подгонка (ЭИП) является одним из способов изменения сопротивления резисторов под воздействием электрического разряда.

При подгонке напряжение прикладывается между электродом и телом резистора (см. рисунок), причем электрод располагается на некотором фиксированном расстоянии от резистора (обычно в пределах от 100 до 2500 мкм).

Прикладываемое напряжение носит импульсный характер, что приводит к периодическому пробоем искрового промежутка [1]. Частота повторения разрядных импульсов – от десятков Гц до десятков кГц, рабочее напряжение от сотен вольт до нескольких киловольт.

В зависимости от параметров разряда (амплитуды, частоты и длительности импульсов, длительности пачки импульсов), а также от свойств резистивного материала, электроискровое воздействие может привести к разрушению отдельных участков резистивного материала или к структурным изменениям в нем.

Изменение структуры характерно для толсто пленочных резистивных материалов. При этом разряд дуговой формы, возникающий при частоте следования разрядных импульсов свыше 3 кГц, приводит к эро-

На более низких частотах разряд носит ярко выраженный искровой характер и приобретает снопообразную форму. При подгонке толстопленочных резисторов такая форма разряда при сравнительно небольшом времени подгонки (до 10 с) не приводит к разрушению резистивного материала.

1 – магазин эталонных сопротивлений; 2 – блок сравнения; 3 – блок управления и выбора направления подгонки; 4, 5 – контактные зонды; 6 – разрядный электрод; 8 – генератор низкой частоты; 10 – генератор высокой частоты; 9, 11 – элементы 2И; 12 – высоковольтный преобразователь; 13 – держатель разрядного электрода; 14 – блок управления приводом; 15 – привод перемещения разрядного электрода; Р – резистор; КП – контактные площадки; С – координатный стол

$$V = \frac{R_n - R_x}{R_n * t} * 100\%,$$

R_x – исходная величина сопротивления;

t – время подгонки.

От величины приращения за один цикл подгонки зависит и скорость подгонки. Чем больше величина приращения, тем выше скорость подгонки. Таким образом, два основных показателя процесса подгонки (точность и скорость подгонки) обратнозависимы.

В общем случае скорость подгонки определяется следующим образом [3]:

$$V = \frac{k f f_c T R_n * 10^2}{\rho_0 l^2 h \rho} \int_0^{\tau_u} U(t) I(t) dt,$$

где k – коэффициент, учитывающий теплофизические свойства резистивного материала и полярность импульсов:

f – частота следования импульсов;

f_c – частота синхронизации (частота следования циклов подгонки);

T – длительность цикла подгонки;

R_n – сопротивление после подгонки;

ρ_0 – удельное сопротивление резистивной пленки;

l – длина резистора;

h – толщина пленки;

ρ – плотность материала;

τ_u – длительность разрядного импульса;

$U(t)$ – амплитуда напряжения разрядного импульса;

$I(t)$ – амплитуда тока разрядного импульса.

Список литературы

1. Леухин В. Н., Сухов А. М. Исследование процесса электроискровой подгонки пленочных резисторов: методические указания к выполнению лабораторной работы. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 21 с.
2. Блинов И. Д., Нагаев А. А. Подгонка величины сопротивления резисторов электроискровым воздействием // Научный потенциал XXI века: материалы VI Международной молодежной научной конференции. Т. 1. Естественные и технические науки. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2012. – 432 с.
3. Захаров Ю. В., Леухин В. Н. Построение физической и математической модели процесса электроискровой подгонки резисторов // Электронная техника. – Сер. 8, 1991. – Вып. 3. – С. 39-43.

УДК 656.13

Фалеев Кирилл Анатольевич

направление УИТС (магистратура), гр. УИТСм-21

Научный руководитель

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ

При проектировании распределенных информационных систем, а также при разработке алгоритмов и программного обеспечения, поддерживающих их функционирование, очень часто применяется имитационное моделирование.

В настоящее время существует большое количество специализированных программных систем, которые предназначены для построения имитационной модели распределенных систем, для последующего проведения имитационного эксперимента, сбора статистических данных и представления результатов имитационного моделирования.

К имитационным моделям предъявляется требование качества (каллиметрия имитационной модели), которое означает, что изменение структуры и алгоритмов поведения модели не повлечет за собой ухудшения характеристик модели, определяющих ее способности удовлетворять установленным или предполагаемым потребностям пользователя [1].

Среди специализированных программных систем, которые предназначены для построения имитационной модели распределенных систем можно выделить:

- среду Grid;
- объектно-ориентированное программное обеспечение the Network Simulator (NS-2);
- Opnet Modeler.

Система моделирования распределенных вычислительных сред **Grid** позволяет совместно использовать вычислительные ресурсы, которые принадлежат различным организациям и которые могут быть расположены в различных административных областях. В Grid могут объединяться разнородные вычислительные ресурсы: персональные компьютеры, рабочие станции, кластеры и суперкомпьютеры.

Одной из актуальных задач в настоящее время является эффективное управление вычислительными ресурсами в распределенной среде. С ростом числа ресурсных центров, входящих в распределенную инфраструктуру, отсутствие хорошего планировщика, обеспечивающего управление потоком задач, не только значительно снижает эффектив-

ность использования всей Grid-инфраструктуры, но может сделать бессмысленным ее создание. При этом следует отметить, что для таких распределенных систем характерным является динамичное развитие, что делает невозможным решение задачи эффективного управления «в статике» – один раз и навсегда.

С другой стороны, оптимизация алгоритмов управления распределенной средой на непосредственно уже существующей Grid-инфраструктуре затруднено и связано со значительными издержками и простоями ресурсных центров, а часто в силу масштабности распределенной среды вообще невозможно. В связи с этим актуальной задачей является создание системы моделирования Grid-инфраструктуры, которая позволит адекватно оценивать ее поведение при изменяющихся условиях и на основе этого оптимизировать стратегии управления потоками задач.

Система моделирования может быть использована для оценки эффективности распределенной вычислительной среды в различных ситуациях, например:

- при отключении части вычислительных ресурсов или добавлении новых ресурсов;
- при увеличении количества передаваемых данных;
- при выходе из строя части коммуникационных каналов.

При этом оценка эффективности управления может проводиться по следующим наиболее популярным критериям:

- минимизация среднего времени ожидания задачи в очереди;
- минимизация максимального времени выполнения группы задач (makespan);
- максимизация пропускной способности – числа завершенных задач в единицу времени;
- минимизация простоев процессоров.

Для визуализации результатов система предоставляет готовые шаблоны, отображающие загруженность системы – общую и с разбивкой по отдельным кластерам; время ожидания задач в очереди – среднее и пиковое с разбивкой по классам задач и по отдельным кластерам; пропускной способности – как по количеству задач, так и используя интегральную оценку.

Среди недостатков можно отметить:

- узкую специализацию систем;
- отсутствие публично доступных версий;
- ограниченность моделируемых архитектур Grid систем. Особенно реализации некоторых из них накладывают ограничения на количе-

ство одновременно существующих элементов в Grid системе и требуют от пользователя знания специальных языков программирования, что значительно снижает эффективность работы с такими системами [2].

The Network Simulator (NS-2) является объектно-ориентированным программным обеспечением, ядро которого реализовано на языке C++ и языке скриптов (сценариев). OTcl (Object oriented Tool Command Language) используется в качестве интерпретатора. Использование двух языков программирования в NS-2 объясняется следующими причинами. С одной стороны, для детального моделирования протоколов необходимо использовать системный язык программирования, обеспечивающий высокую скорость выполнения и способный манипулировать достаточно большими объемами данных. С другой стороны, для удобства пользователя и быстроты реализации и модификации различных сценариев моделирования привлекательнее использовать язык программирования более высокого уровня абстракции.

Объединение для совместного функционирования C++ и OTcl производится при помощи TclCl (Classes Tcl). TclCl является интерфейсом между объектами C++ и OTcl, которым пользуются NS-2 и nam [3].

К основным достоинствам NS-2 относятся:

- модульный принцип построения и открытая архитектура симулятора;
- широкий диапазон методов и средств абстрагирования;
- наличие средств анимации, обеспечивающих возможность наблюдения конкретных реализаций и позволяющих выделить наиболее важные и интересные моменты поведения сетевой модели;
- наличие библиотеки сетевых топологий и генераторов трафика;
- свободное распространение пакета.

Opnet Modeler предлагает пользователям графическую среду для создания, выполнения и анализа событийного моделирования сетей связи. Это удобное программное обеспечение может быть использовано для большого ряда задач, например, типичные создание и проверка протокола связи, анализ взаимодействий протокола, оптимизация и планирование сети. Также возможно осуществить с помощью пакета проверку правильности аналитических моделей и описание протоколов.

Автоматизированное порождение сетевой топологии также поддерживается и резервируется утилитами для импортируемых сетевых топологий в различных форматах. Случайный трафик может быть автоматически сгенерирован из алгоритмов, указанных пользователем, а также импортирован из входящих в стандартную комплектацию пакета форматов реальных трафиков линий. Результаты моделирования могут быть

проанализированы, а графы и анимация трафика опять же будут сгенерированы автоматически.

Новая особенность – это автоматическое преобразование в формат HTML 4.0х.

Одним из плюсов создания модели сети с помощью программного обеспечения является то, что уровень гибкости, обеспечиваемый ядром моделирования тот же, что и для моделирования, написанных с нуля, но объектное построение среды позволяет пользователю намного быстрее делать разработку, усовершенствования и производить модели для многократного использования.

Достоинства системы заключаются:

- в наличии библиотек;
- возможности импорта информации и полного анализа ситуации.

К отрицательной стороне относят:

- отсутствие возможности настройки библиотеки устройств;
- пошаговой трассировки;
- генерации отчетов;
- высокую стоимость.

Выводы

Для реализации моделирования распределенной системы управления был проведен анализ пакетов моделирования. Результаты его позволили сделать вывод, что наиболее соответствует выдвинутому ряду требований, которые предъявляются к используемому имитатору, в частности, детальная реализация протоколов, начиная от сетевого уровня, возможность написания и подключения собственных модулей, развитый графический интерфейс, пакет моделирования The Network Simulator (NS-2).

Список литературы

1. Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Концептуальные основы квалиметрии моделей и полимодельных комплексов // Имитационное моделирование. Теория и практика: сб. докл. 2-й всерос. науч.-практ. конф. ИММОД–2005. – Т. 1. – СПб.: ЦНИИТС, 2005. – С. 65–70.
2. Система моделирования Grid: реализация и возможности применения [Электронный ресурс]. – URL: http://www.citforum.ru/nets/articles/grid_modelling/
3. NS2 как универсальное средство имитационного моделирования сетей связи [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.masters.donntu.org/2007/fvti/erygina/library/lib4.htm>
4. Opnet [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.zos.ru/modelnet.pp.ru/www/opnet.html>

Шабдаров Евгений Васильевич

направление Электроника, радиотехника и системы связи (аспирантура)

Научный руководитель

Леухин Владимир Николаевич, канд. техн. наук, доцент,

кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,

г. Йошкар-Ола

ЭЛЕКТРОИСКРОВАЯ ПОДГОНКА ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

Статья посвящена электроискровому методу корректировки величины сопротивления и функциональной характеристики толсто пленочных резисторов. Особое внимание уделяется кинетике процесса как важному показателю эффективности.

При конструировании электронных схем особое внимание уделяется точности их функционирования, которая напрямую зависит от точности электронных компонентов, в частности резисторов. В зависимости от точности резисторы делятся на резисторы общего назначения (допускаемые отклонения сопротивления от номинального значения от ± 1 до $\pm 20\%$) и специальные (прецизионные и суперпрецизионные), отличающиеся высокой стабильностью параметров при эксплуатации и большой точностью изготовления (от $\pm 0,0005$ до $0,5\%$). Они применяются в измерительных приборах, вычислительной технике и системах автоматики.

В зависимости от технологии изготовления резисторы делятся на проволочные и непроволочные. Проволочным резисторам практически нет замены при производстве прецизионных и суперпрецизионных резисторов [1].

Однако самыми массовыми являются толсто пленочные резисторы из-за оптимального соотношения «цена-качество». В то же время недостатком толсто пленочной технологии является низкая точность резистора (отклонение от требуемого номинала может достигать $\pm 20\%$).

Для повышения точности толсто пленочных резисторов разработан электроискровой метод подгонки, который также позволяет подгонять переменные резисторы. В отличие от постоянных резисторов подгонка переменных резисторов является более сложным процессом, поскольку необходимо контролировать сопротивление и при этом не допустить

разрушения резистивного слоя, проявляющегося в сильном искажении функциональной характеристики.

Принцип электроискровой подгонки заключается в воздействии электрической искрой на поверхность резистивного слоя, что, в свою очередь, вызывает структурные изменения. Однако при различных параметрах искры (длительность, период, амплитуда импульсов) и длительности воздействия на резистивный слой электроискровая подгонка может проходить по-разному.

Результаты исследований, представленные ниже, наглядно показывают эффективность подгонки при различных параметрах искры, а также возможность ее применения для переменных резисторов.

Подгонка переменных резисторов марки СПЗ-44а (рис. 1) показала возможность практического применения этого метода в целях корректировки сопротивления и функциональной характеристики (рис. 2).



Рис. 1 – Электроискровая подгонка резистора СПЗ-44а

Как видно на рисунке 2, функциональная характеристика после подгонки стала линейной, при этом резистивный слой остался без видимых следов воздействия.

В данном случае подгонка осуществлялась в сторону уменьшения без разрушения резистивного слоя по всей поверхности резистивного слоя, в 10 проходов. Начальное сопротивление резистора $R_0 = 132,67$ кОм, сопротивление после подгонки $R_x = 103,37$ кОм, относительное изменение сопротивления $\delta = 22,08$ %, время подгонки – 31,3 с.

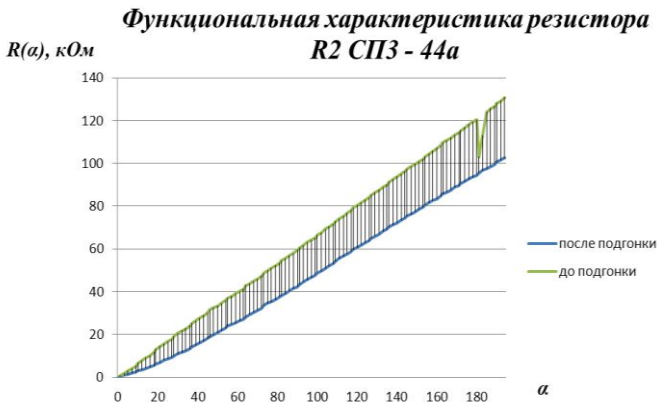


Рис. 2 – Функциональная характеристика резистора СПЗ-44а

Однако исследования показывают, что электроискровая подгонка может проходить с разрушением резистивного слоя. Это обусловлено тем, что при определенных параметрах (амплитуда, частота, длительность импульсов) электрическая искра может принимать форму плазменного шнура. В таком случае на резистивном слое могут оставаться следы воздействия, а характеристика резистора сильно искажается. Это в свою очередь подвигло на экспериментальные исследования кинетики подгонки для того, чтобы оценить процесс протекания относительного изменения сопротивления во время подгонки.

На рисунке 3 показана выраженная в процентах зависимость относительного изменения сопротивления от количества пачек импульсов N при различной длительности импульсов.

Процесс подгонки состоит из циклов измерения и циклов подгонки, обычно следующих друг за другом с частотой синхронизации в 50 Гц. При этом длительность цикла подгонки (или длительность пачки импульсов, заполненной разрядными импульсами с задаваемой скважностью импульсов) может меняться теми или иными способами [2, 3].

Чем больше длительность импульсов, тем выше скорость подгонки, однако эта зависимость нелинейная. Аналогичное поведение также наблюдается при изменении амплитуды, поскольку происходит увеличение энергии разрядного импульса.

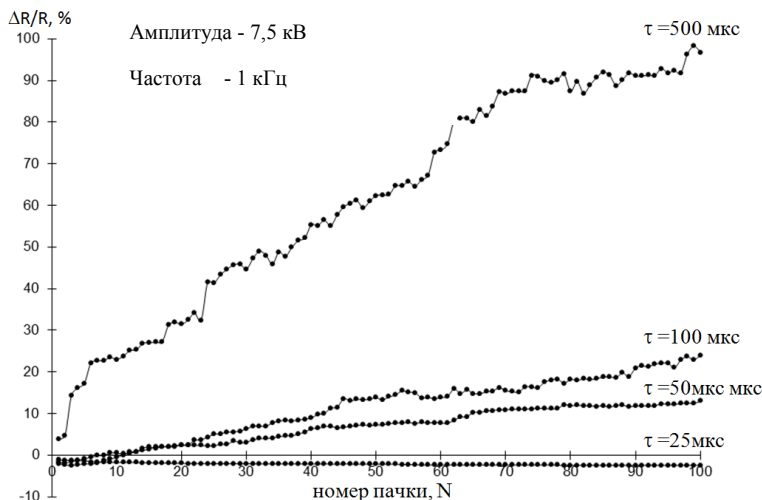


Рис. 3 – Кинетика подгонки для импульсов различной длительности τ

Таким образом, варьируя длительность импульса, амплитуду и другие параметры, можно с достаточно большой вероятностью предвидеть характер протекания подгонки.

На рисунке 3 видно, что нет однозначной пропорциональной зависимости скорости подгонки от параметров импульсов.

Результаты исследований, проведенные с целью выявления зависимости характера электроискрового разряда от параметров импульсов, показали, что увеличение скорости подгонки приводит к уменьшению точности достигаемого сопротивления и наоборот.

Список литературы

1. Недорезов В. Г. Резисторы и их классификация // Надежность и качество: труды международного симпозиума. – 2006. – Т. 1. – С. 96-101.
2. А.с. 1598731 СССР. Способ подгонки пленочных резисторов / В. Н. Леухин, М. А. Одинцов, В. Н. Игумнов – Зарег. в Гос. реестре изобр. СССР 8.06.90.
3. Пат. 2190273 РФ, МПК H01C17/00. Способ подгонки величины сопротивления плёночных резисторов / Леухин В. Н., Сухов А. М.; заявитель и патентообладатель Марийский государственный технический университет. – № 2001105423/09; заявл. 26.02.2001; опубл. 27.09.2002. УДК 621.396.96

Шаронов Дмитрий Евгеньевич,

Ишкаев Тимур Маратович
направление Радиотехника (магистратура), гр. 5294

Научный руководитель
Веденькин Денис Андреевич, канд. техн. наук, доцент,
кафедра радиофотоники и микроволновых технологий
*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань*

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С КРУГЛЫМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ

В настоящее время частотно-селективные поверхности (ЧСП) используются в качестве экранов. Основными характеристиками таких поверхностей являются коэффициенты отражения и прохождение.

Ранее нами была смоделирована рупорная антенна, настроенная на частоту 9,814 ГГц. Внешний вид антенны и график зависимости отражения от частоты изображены на рисунках 1 и 2. Модель этой антенны будет использоваться в качестве приемной и передающей антенны. Более подробное рассмотрение представлено в [1].



Рис. 1 – Внешний вид рупорной антенны

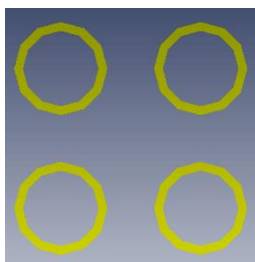


Рис. 2 – Неоднородность в ЧСП с длиной окружности λ

Между антеннами был расположен лист фторопласта. В лист фторопласта были внедрены неоднородности с длиной окружности, равной λ и $\lambda/2$ (рис. 2, 3).

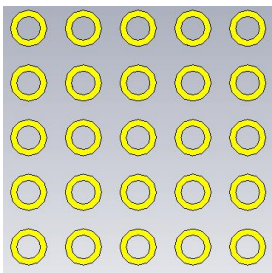


Рис. 3 – Неоднородность в ЧСП с длиной окружности $\lambda/2$

После расчетов коэффициенты отражения и передачи составили -17 дБ и -23 дБ для ЧСП с неоднородностями, длина окружности которых равна λ (рис. 4). А для ЧСП с неоднородностями, имеющими длину окружности $\lambda/2$, коэффициенты отражения и передачи составили -24 дБ и -22 дБ соответственно (рис. 5).

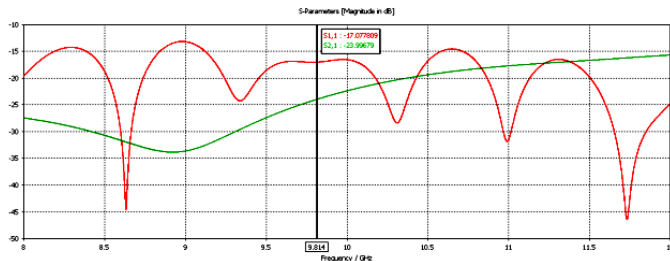


Рис. 4 – Коэффициенты отражения и передачи через ЧСП с неоднородностями, имеющими длину окружности λ

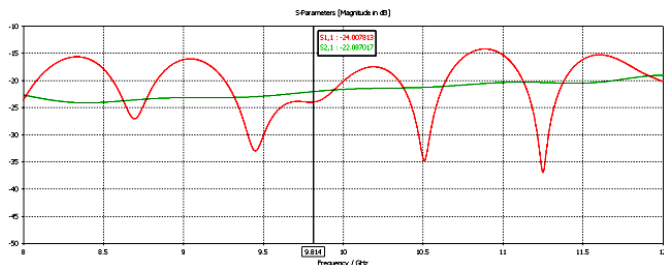


Рис. 5 – Коэффициенты отражения и передачи через ЧСП с неоднородностями, имеющими длину окружности $\lambda/2$

В ходе исследования было замечено, что ЧСП с неоднородностями, имеющими длину окружности $\lambda/2$, имеет меньший коэффициент передачи через данную поверхность.

Список литературы

1. Веденькин Д. А., Шаронов Д. Е., Ишкаев Т. М. Моделирование антенны для исследования управляемой частотно-селективной поверхности // Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы-2016: материалы международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, 7-8 апреля 2016 г. – Казань: Изд. ООО «16ПРИНТ», 2016. – С. 156-158.
2. Веденькин Д. А., Шаронов Д. Е., Ишкаев Т. М. Исследование характеристик управляемой частотно-селективной поверхности // Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы-2016: материалы международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, 7-8 апреля 2016 г. – Казань: Изд. ООО «16ПРИНТ», 2016. – С. 158-160.

УДК 621.736

Шашин Дмитрий Евгеньевич (аспирантура)
Степанов Сергей Александрович (магистратура), гр.ЭиНм-21

Научный руководитель

Сушенцов Николай Иванович, канд. техн. наук, доцент,
кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВАКУУМНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СОЗДАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПЛЕНОК НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Введение

Предлагаемый проект направлен на решение научно-технических задач создания универсального автоматизированного вакуумного комплекса, совмещающего в себе методы магнетронного распыления и дугового испарения, и формирования на его основе многокомпонентных пленок нанокристаллического строения различного назначения, обладающих заданным стехиометрическим составом и свойствами.

1. Описание установки

Опытный образец автоматизированной системы [1] управления вакуумной установкой магнетронного распыления и дугового испарения представлен на рисунке 1.



Рис. 1 – Опытный образец установки магнетронного распыления и дугового испарения

Данная установка создана на основе установки ННВ-6 и совмещает в себе возможность применения магнетронного распыления (четыре магнетрона) и дугового испарения (два дуговых испарителя) для формирования многокомпонентных пленок (шесть и более материалов) нанокристаллического строения (степень кристалличности 30–50%, размер кристаллитов 30–100 нм) различного назначения, обладающих заданным стехиометрическим составом (0–100 %) и свойствами [2].

На рисунке 2 представлены результаты исследований работы магнетрона и дугового испарителя. Материал мишени магнетрона Al. Материал катода испарителя – Ti. Среда рабочего газа – смесь аргона и азота в пропорции $Ar/N = 90/10$. Давление в вакуумной камере изменялось в пределах от 0,1 до 0,6 Па. Данный режим работы позволяет получать износостойкие покрытия Ti_2AlN с заданными свойствами и стехиометрическим составом.

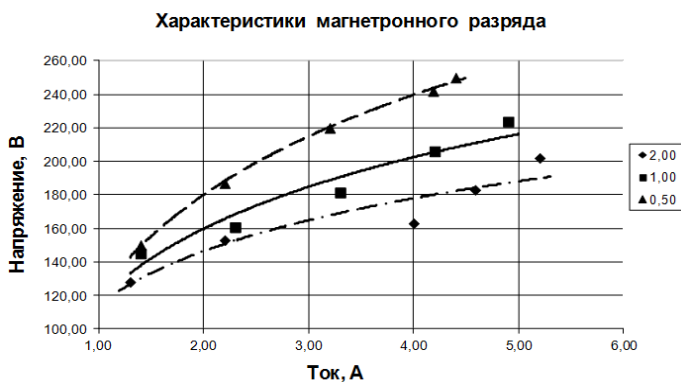


Рис. 2 – Характеристики магнетронного разряда

2. Методика эксперимента

Многослойное покрытие формировалось в следующих условиях. Материал подложки – стекло (К-8). Давление – 1Па. Газовая среда $\text{Ar/N} = 60/40 \%$. Ток дугового испарителя составлял 100А, напряжение магнетрона 300В, ток – 8А. Также на подложку было подано электрическое смещение 800В, 3А. Подложка вращалась на планетарном механизме. Процесс проходил в едином технологическом цикле. Переключая источники питания дуговых испарителей и магнетронов, мы попытались вырастить структуру из 22 слоёв с различными техническими свойствами, такими как микротвердость, температуростойкость и т.п.

3. Результаты исследований плёнок

Методами растровой электронной микроскопии (РЭМ) и оже-электронной спектроскопии (ОЭС), в сочетании с методикой «послойного ионного травления» (распыление ионами аргона Ar^+), исследованы топология поверхности, элементный состав и распределение элементов по глубине в многослойной структуре, сформированной на стеклянной подложке.

Исследования проводились на электронном спектрометре JAMP-9510F («JEOL», Япония).

Условия проведения исследований: сверхвысокий вакуум (не хуже 1×10^{-9} мм.рт. ст.), температура – $+23^\circ\text{C}$.

Изображения поверхности пленки, полученные в режиме растрового электронного микроскопа (РЭМ) во вторичных электронах, приведены ниже на рисунке 3. Ток электронного пучка 1×10^{-9} А, ускоряющее напряжение – 10 кВ, пространственное разрешение – лучше 0,02 мкм (диаметр электронного пучка).

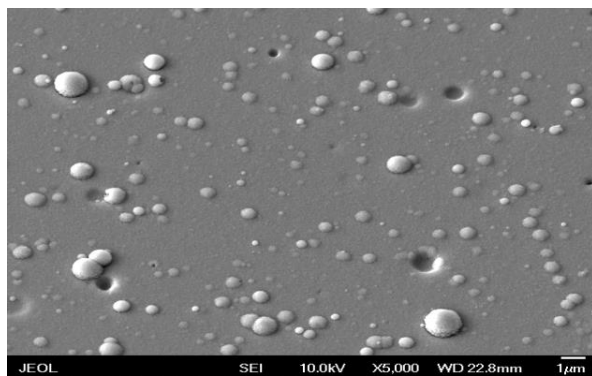


Рис. 3 – Изображение поверхности плёнки

Изображения «скола» пленки (хрупкий излом), полученные в режиме растрового электронного микроскопа (РЭМ) во вторичных электронах, приведены на рисунке 4. Ток электронного пучка – $0,5 \times 10^{-9}$ А, ускоряющее напряжение – 5 кВ, пространственное разрешение – лучше 0,02 мкм (диаметр электронного пучка).

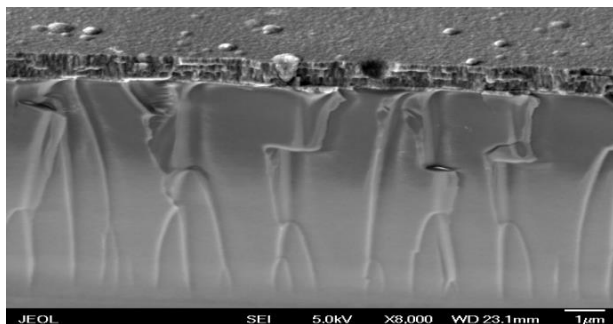


Рис. 4 – Изображение «скола» пленки (хрупкий излом)

Исследования элементного состава «скола» образца проводились «сфокусированным» первичным электронным пучком, диаметр пучка – менее 0.05 мкм. Ток пучка при этом составлял 1×10^{-9} А, ускоряющее напряжение – 10 кВ.

4. Заключение

На рисунке 4 просматриваются 4 слоя, вместо ожидаемых 22-х. Такая рекристаллизация структуры возможна, благодаря механизмам взаимной диффузии. Температура образца на всём протяжении процесса составляла порядка 500 °С, с последующим остыванием в вакууме. Также процесс смены слоёв во время эксперимента проходил достаточно плавно, т.е. не было перерывов в работе тех или иных источников питания. Возможно, именно эти параметры повлияли на конечное строение плёнки. На рисунке 4 видна также «капля», по структуре состоящая из титана, покрытая тонким слоем TiN. Анализ плёнки методом оже-электронной спектроскопии показал наличие в пленке С, О, Сг.

Список литературы

1. Степанов С. А., Сушенцов Н. И. Автоматизированная установка магнетронного распыления для нанесения тонких плёнок в микро- и нанoeлектронике. // Вакуумная техника, материалы и технология: материалы VIII международной научно-технической конференции / под ред. С. Б. Нестерова. – М.: НОБЕЛЛА, 2013. – 358 с.

2. Степанов С. А., Сушенцов Н. И., Филимонов В. Е. Автоматизированная установка магнетронного распыления и дугового испарения // Плёнки и покрытия - 2013: труды 11-й Международной конференции. 6-8 мая 2013 г. / под ред. д-ра техн. наук В. Г. Кузнецова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 350 с.

УДК 681.587

Шестакова Наталья Витальевна

направление Конструирование и технология электронно-вычислительных средств (магистратура), гр. ЭВСм-11

Научный руководитель

Буканова Татьяна Сергеевна, канд. техн. наук, доцент,
кафедра проектирования и производства ЭВС

*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола*

РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН НЕТРАДИЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Актуальность темы

Мехатроника – это новая область науки и техники, посвященная созданию и эксплуатации машин и систем с компьютерным управлением движения, которая базируется на знаниях в области механики, электроники и микропроцессорной техники, информатики и компьютерного управления движением машин и агрегатов.

Мехатроника является научно-технической дисциплиной, которая изучает построение электромеханических систем нового поколения, обладающих принципиально новыми качествами и (часто) рекордными параметрами.

На рисунке 1 приведено графическое представление взаимодействия различных отраслей науки и техники, позволяющее судить о необходимости применения интеграционного подхода при разработке мехатронных систем в целом.

Базовыми объектами изучения мехатроники является мехатронный модуль, который выполняет движения по одной управляемой координате. Из таких модулей как из функциональных кубиков komponуются сложные системы модульной архитектуры. Мехатронными модулями называют составляющие мехатронной системы. Такие модули могут объединять в одном корпусе несколько компонентов, например, двигатель, редуктор и датчики.



Рис. 1 – Составные части мехатроники

Мехатронные системы предназначены для реализации заданного движения. Критерий качества выполнения движения мехатронных систем – проблемное ориентирование, то есть определяется постановкой конкретной прикладной задачи.

Специфика задач автоматизированного машиностроения состоит в реализации перемещений выходных звеньев рабочего органа технологической машины (инструмент на станке). При этом необходимо координировать управление пространством перемещения мехатронных систем с управлением различными внешними процессами. Примерами таких процессов могут служить:

- регулирование силового взаимодействия рабочего органа с объектом работ при механообработке;
- контроль и диагностика текущего состояния критических элементов мехатронных систем;
- управление дополнительными технологическими воздействиями на объект работ при комбинированных методах обработки;
- управление вспомогательным оборудованием;
- выдача и прием сигналов от устройств электроавтоматики [1].

Целью работы является повышение качества проектирования мехатронных систем и модулей путем внедрения в систему проектирования критериев выбора применяемых устройств в зависимости от конкретной задачи управления и характеристики требуемого движения.

Содержание работы. Традиционные модули движения содержат отдельные узлы реализации управляемого движения, в том числе электромеханический, информационно-управляющий, сенсоры, соединенные между собой различными интерфейсами, иногда не стандартизированными.

Мехатронные системы, как правило, построены из трех основных составляющих частей. При этом они управляются с помощью компь-

ютеров и по определению направлены на автоматизацию выполнения промышленных и бытовых задач. Такие системы можно рассматривать как единые устройства, находящиеся в технологической среде, которые не только используют собственные органы для выполнения поставленных перед ними задач, но и взаимодействуют с внешней технологической средой [2].

На рисунке 2 представлена структурная схема унифицированного мехатронного модуля управления движением.

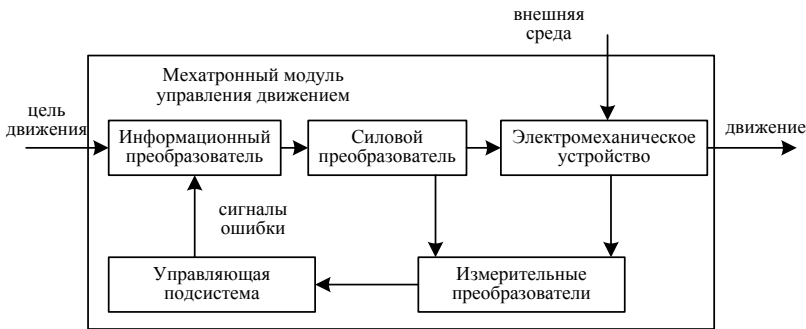


Рис. 2 – Структурная схема мехатронного модуля движения

В отличие от классического модуля электромеханического движения, содержащего в составе классический электрический двигатель и механический преобразователь, в предлагаемом мехатронном модуле применено электромеханическое устройство, которое выбирается под конкретную решаемую задачу. Например, могут быть использованы электромеханические преобразователи нетрадиционной конструкции в двухроторном [3] или торцевом исполнении.

Использование в модуле измерительных преобразователей, зачастую встроенных в используемые устройства вместо классических сенсоров, позволяет укоротить электрические и информационные потоки и повысить степень интеграции модуля.

Управляющая подсистема представляет собой систему сбора и оценки как внешних воздействий на систему, так и внутренних сигналов мехатронного модуля, позволяет вынести решение об ошибке и произвести корректировку управляющих сигналов.

В сравнении с традиционными системами управления мехатронная система имеет ряд преимуществ:

- относительно низкая стоимость благодаря высокой степени интеграции;

- унификации и стандартизации всех элементов и интерфейсов;
- высокое качество реализации сложных и точных движений;
- высокая надежность, долговечность и помехозащищенность;
- конструктивная компактность модулей (вплоть до миниатюризации в микромашинах);
- улучшенные массогабаритные и динамические характеристики машин;
- возможность объединения функциональных модулей в сложные системы и комплексы под конкретные задачи заказчика.

В современных мехатронных системах для реализации высокого качества и точности движения применяются методы интеллектуального управления. Данная группа методов опирается на новые идеи теории управления современным аппаратным и программным средством вычислительной техники, перспективные подходы к синтезу управляемого движения мехатронных систем [1].

Выводы

Таким образом, предложенный мехатронный модуль управления движением позволяет не только повысить степень интеграции элементов, обеспечив более короткие связи между элементами самого модуля, так и расширить функциональные возможности за счет применения конструкций электромеханических преобразователей в нетрадиционном исполнении, требуемых в каждом конкретном случае в зависимости от заданных характеристик системы и параметров внешней среды.

Разработка программно-информационного обеспечения сопровождения проектирования таких модулей, позволяющего выбрать элементы и узлы мехатронного модуля в зависимости от конкретной задачи управления и характеристики требуемого движения, позволит создавать специализированные мехатронные модули управления движением.

Список литературы

1. <http://emkelektron.webnode.com>.
2. <http://www.robotblog.ru>.
3. Буканова Т. С., Алиев М.Т. Синтез системы управления электрической машиной с двумя степенями свободы // Автоматизированные технологии и производства. – 2016. – № 3(13). – С. 4-10.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
<i>Апышкова Е. А., Петрова Е. С.</i> Исследование USRP приемопередатчиков для беспроводных сетей передачи данных	4
<i>Бахметьева В. В.</i> Тенденции развития облачных технологий	7
<i>Богатов М. С.</i> Система оценки функционального состояния оператора в структуре человеко-машинной системы	9
<i>Гасников С. Ю.</i> Технологии беспроводного доступа WiMAX для организации сети широкополосного доступа	13
<i>Грибин М. А.</i> Анализ фильтров для обработки зашумленных данных с гироскопа, акселерометра и магнитометра	14
<i>Джеумахони Наджмудинзода</i> Расчет интегральной функции распределения километрического затухания АОЛС	18
<i>Ермаченко Н. В.</i> Разработка систем аварийной посадки квадрокоптера	20
<i>Еруткина Н. Э.</i> Влияние среды на распространение электромагнитных волн	23
<i>Загайнов Е. В.</i> Ускоренная оценка надежности интегральных микросхем	27
<i>Зверев А. А.</i> Анализ технологических процедур сборки модулей печатных плат с целью управления качеством изделий	29
<i>Ишкаев Т. М., Шаронов Д. Е.</i> Диэлектрический волновод с периодической системой и влияние фазового сдвига на его характеристику	31

Каширов А. В.

Методика расчета среднего энергетического выигрыша
для автоматизированных декаметровых радиолиний33

Ковалев Е. В.

Оптимизация параметров системы учета потребления
энергоресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве36

Костик Н. Р.

Применение нитрида алюминия в качестве материала
для создания тонкоплёночных многослойных конденсаторов
методом магнетронного распыления38

Кузанын М. С., Чавайн Ю. С.

Стенд управления и функционального контроля устройств
приемо-передающего тракта.....42

Кукушкина М. Ю.

Исследование поширотного влияния геомагнитных условий
на качество работы трансионосферного канала в городах
Уральского федерального округа45

Лопатин С. В.

Модификация голографического оптического элемента
для использования в лазерной противодымовой
эвакуационной системе48

Нечунаев Ю. В.

Разработка 3D-принтера.....51

Никитин П. В.

Моделирование системы управления индивидуализированным
обучением.....54

Никитин П. В., Горохова Р. И.

Проектирование математической модели управления организацией
на основе анализа бизнес-процессов.....58

Осинов А. Ю.

Анализ технологий беспроводных сенсорных сетей
для системы управления объектами системы «Умный дом».....62

Пасова А. Д.

Магнитное поле Земли и его влияние на организм человека66

Рыжков И. В. Фрактальный анализ электроэнцефалографических сигналов	70
Рыжова Е.А. Исследование влияния толщины плёнки на основе оксидов и нитридов элементов нержавеющей стали на поверхностное сопротивление	74
Саржан И.К. Методы контроля печатных плат	77
Саржан П.К. Параметрический анализ вариантов технологических процессов при производстве печатных плат	80
Смоленцев П.Г. Обзор современных аппаратных и программных средств работы с SDR.....	83
Соколов Н.Д. Определение характеристик квазивертикальных каналов связи по данным вертикального зондирования ионосферы	86
Соловьева К.Н. Исследование межмодовых задержек в ионосферных декаметровых каналах связи	89
Соловьева К.Н., Овчинников В.В. Исследование влияния параметров трехмерной характеристики ВЧ-сигналов в канале радиосвязи для радиолиний различной протяженности	91
Стрепетов А.Р. Аппаратно-программный комплекс оценки утомления операторов эргатических систем	94
Таныгин К.А. Ионосфера и распространение в ней декаметровых радиоволн	98
Тетешев В.В. Аппаратно-программный комплекс сбора метеоданных	101
Тораев А.И. Модуль автоматизированного тестирования электронных устройств на основе интерфейса JTAG	103

Трушкова О.А.

Программно-аппаратный комплекс для определения оптимальной полосы частот работы спутниковых систем связи при трансионосферном распространении сигналов 105

Трушкова О.А.

Исследование системных характеристик спутниковых систем связи при влиянии частотной дисперсии 108

Уришов Д.М.

Общие сведения о способах электроискровой подгонки резисторов . 110

Фалеев К.А.

Особенности программ для моделирования распределенных систем 113

Шабдаров Е.В.

Электроискровая подгонка толсто пленочных резисторов..... 117

Шаронов Д.Е., Ишкаев Т.М.

Исследование характеристик частотно-селективных поверхностей с круглыми неоднородностями..... 121

Шашин Д.Е., Степанов С.А.

Автоматизированный вакуумный комплекс для создания многокомпонентных пленок нанокристаллического строения 123

Шестакова Н.В.

Разработка мехатронного модуля управления движением на базе электрических машин нетрадиционной конструкции 127

Научное издание

ИНЖЕНЕРНЫЕ КАДРЫ – БУДУЩЕЕ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Материалы II Всероссийской студенческой конференции

Йошкар-Ола, 21-25 ноября 2016 г.

Часть 3

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ,
РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ
ДЛЯ ПРОРЫВНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ответственный за выпуск

А. В. Зув

Редактор

Л. С. Емельянова

Компьютерная верстка

С. Н. Эштыкова

Подписано в печать 22.12.2016. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 7,91. Тираж 100 экз. Заказ № 5954.

Поволжский государственный технологический университет
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Редакционно-издательский центр ПГТУ
424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17