Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2010

**Материалы докладов
Всероссийской научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2010»**

4–7 мая 2010 г.

В пяти частях

Часть 1

В-Спектр
Томск 2010

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

УДК 621.37/.39+681.518 (063)
ББК 32.84я431+32.988я431
Н 34

Н 34 **Научная сессия ТУСУР–2010:** Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 4–7 мая 2010 г. – Томск: В-Спектр, 2010. Ч. 1. – 352 с.

ISBN 978-5-91191-131-7
ISBN 978-5-91191-132-4 (Ч. 1)

Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых посвящены различным аспектам разработки, исследования и практического применения радиотехнических, телевизионных и телекоммуникационных систем и устройств, сетей электро- и радиосвязи, вопросам проектирования и технологии радиоэлектронных средств, аудиовизуальной техники, бытовой радиоэлектронной аппаратуры, а также автоматизированным системам управления и проектирования. Рассматриваются проблемы электроники СВЧ- и акустооптоэлектроники, нанофотоники, физической, плазменной, квантовой, промышленной электроники, радиотехники, информационно-измерительных приборов и устройств, распределенных информационных технологий, вычислительного интеллекта, автоматизации технологических процессов, в частности в системах управления и проектирования, информационной безопасности и защите информации. Представлены материалы по математическому моделированию в технике, экономике и менеджменте, антикризисному управлению, автоматизации управления в технике и образовании. Также представлены доклады, касающиеся социокультурных проблем современности, экологии, мониторинга окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

УДК 621.37/.39+681.518 (063)
ББК 32.84я431+32.988я431

ISBN 978-5-91191-131-7
ISBN 978-5-91191-132-4 (Ч. 1)

© Том. гос. ун-т систем управления
и радиоэлектроники, 2010

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Федеральное агентство по образованию
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Всероссийская научно-техническая конференция студентов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2010» 4–7 мая 2010 г.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

- Кобзев А.В. – председатель, президент ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Шелупанов А.А. – сопредседатель, проректор по НР ТУСУР, зав. каф. КИБЭВС ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Шурыгин Ю.А., ректор ТУСУР, заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор;
- Ехлаков Ю.П., проректор по информатизации и управлению ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Уваров А.Ф., проректор по инновационному развитию и международной деятельности ТУСУР, к.э.н.;
- Малютин Н.Д., начальник НУ ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Казьмин Г.П., председатель комитета инновационной деятельности администрации г. Томска, представитель Фонда содействия развитию МФП в НТС по Томской обл., к.т.н.;
- Малюк А.А., декан фак-та информационной безопасности МИФИ, к.т.н., г. Москва;
- Беляев Б.А., зав. лабораторией электродинамики Ин-та физики СО РАН, д.т.н., г. Красноярск;
- Разинкин В.П., д.т.н., профессор, каф. ТОР НГТУ, г. Новосибирск;
- Лукин В.П., директор отд. распространения волн Ин-та оптики атмосферы СО РАН, почетный член Американского оптического общества, д.ф.-м.н., профессор, г. Томск;
- Кориков А.М. – зав. каф. АСУ ТУСУР, заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор;
- Пустынский И.Н., зав. каф. ТУ ТУСУР, заслуженный деятель науки и техники РФ, д.т.н., профессор;
- Акулиничев Ю.П., председатель совета по НИРС РТФ, профессор каф. РТС ТУСУР, д.т.н.;
- Орликов Л.Н., председатель совета по НИРС ФЭТ, профессор каф.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЭП ТУСУР, д.т.н.;
- Казакевич Л.И., председатель совета по НИРС ГФ, доцент каф. ИСР ТУСУР, к.ист.н.;
- Шарыгин Г.С., зав. каф. РТС ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Голиков А.М., доцент каф. РТС ТУСУР, к.т.н.;
- Еханин С.Г., председатель совета по НИРС РКФ, д.ф.-м.н., профессор каф. КУДР ТУСУР;
- Лощилов А.Г., м.н.с. СКБ «Смена» ТУСУР, к.т.н.;
- Катаев М.Ю., профессор каф. АСУ ТУСУР, д.т.н.;
- Шарангович С.Н., зав. каф. СВЧиКР ТУСУР, к.ф.-м.н., доцент;
- Троян П.Е., зав. каф. ФЭ ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Ходашинский И.А., профессор каф. АОИ, д.т.н.;
- Давыдова Е.М., зам. заф. каф. КИБЭВС по УР, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.;
- Коцубинский В.П., председатель совета по НИРС ФВС, зам. зав. каф. КСУП ТУСУР, доцент каф. КСУП, к.т.н.;
- Титов А.А., профессор каф. РЗИ ТУСУР, д.т.н.;
- Михальченко Г.Я., профессор каф. ПрЭ, д.т.н.;
- Мицель А.А., председатель совета по НИРС ФСУ, зам. зав. каф. АСУ ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Осипов Ю.М., зав. отделением каф. ЮНЕСКО ТУСУР, академик Международной академии информатизации, д.э.н., д.т.н., профессор;
- Семиглазов А.М., профессор каф. ТУ, д.т.н.;
- Карташов А.Г., проф. каф. РЭТЭМ, д.б.н., профессор;
- Суслова Т.И., декан ГФ, зав. каф. КС, д.ф.н., профессор;
- Грик Н.А., зав. каф. ИСР ТУСУР, д.ист.н., профессор;
- Дмитриев В.М., зав. каф. ТОЭ, д.т.н., профессор;
- Пуговкин А.В., зав. каф. ТОР, д.т.н., профессор.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

- Шелупанов А.А. – сопредседатель, проректор по НР ТУСУР, зав. каф. КИБЭВС ТУСУР, д.т.н., профессор;
- Ярымова И.А. – зам. председателя, заведующий ОППО ТУСУР, к.б.н.;
- Юрченкова Е.А. – секретарь оргкомитета, инженер ОППО ТУСУР, к.х.н.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

Секция 1. Радиотехнические системы и распространение радиоволн. Председатель секции – Шарыгин Герман Сергеевич, зав. каф. РТС, д.т.н., профессор; зам. председателя – Тисленко В.И., д.т.н., доцент каф. РТС.

Секция 2. Защищенные телекоммуникационные системы. Председатель секции – Голиков А.М., к.т.н., доцент каф. РТС.

Секция 3. Аудиовизуальная техника, бытовая радиоэлектронная аппаратура и сервис. Председатель секции – Пустынский Иван Николаевич, зав. каф. ТУ, д.т.н., профессор; зам. председателя – Костевич Анатолий Геннадьевич, к.т.н., доцент каф. ТУ.

Секция 4. Проектирование биомедицинской аппаратуры. Председатель подсекции – Еханин Сергей Георгиевич, д.ф.-м.н., профессор каф. КУДР.

Секция 5. Конструирование и технологии радиоэлектронных средств. Председатель секции – Лощилов Антон Геннадьевич, м.н.с. СКБ «Смена», к.т.н.; зам. председателя – Бомбизов Александр Александрович, ассистент каф. КУДР.

Секция 6. Интегрированные информационно-управляющие системы. Председатель секции – Катаев Михаил Юрьевич, д.т.н., профессор каф. АСУ; зам. председателя – Бойченко Иван Валентинович, к.т.н., доцент каф. АСУ.

Секция 7. Оптические информационные технологии, нанофотоника и оптоэлектроника. Председатель секции – Шарангович Сергей Николаевич, зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н., доцент; зам. председателя - Буримов Николай Иванович, к.т.н., доцент каф. ЭП.

Секция 8. Физическая и плазменная электроника. Председатель секции – Троян Павел Ефимович, зав. каф. ФЭ, д.т.н., проф.

Секция 9. Распределённые информационные технологии и системы. Председатель секции – Ехлаков Юрий Поликарпович, проректор по информатизации и управлению ТУСУР, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор; зам. председателя – Сенченко Павел Васильевич, к.т.н., доцент каф. АОИ.

Секция 10. Вычислительный интеллект. Председатель секции – Ходашинский Илья Александрович, д.т.н., профессор каф. АОИ; зам. председателя – Лавыгина Анна Владимировна, ст. преподаватель каф. АОИ.

Секция 11. Автоматизация технологических процессов. Председатель секции – Давыдова Елена Михайловна, к.т.н., доцент, зам. зав. каф. КИБЭВС по УР; зам. председателя – Зыков Дмитрий Дмит-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

риевич, к.т.н., доцент каф. КИБЭВС.

Секция 12. Аппаратно-программные средства в системах управления и проектирования. Председатель секции - Шурыгин Юрий Алексеевич, ректор ТУСУР, зав. каф. КСУП, д.т.н., профессор; зам. председателя - Коцубинский Владислав Петрович, зам. зав. каф. КСУП, к.т.н., доцент.

Подсекция 12.1. Интеллектуальные системы проектирования технических устройств. Председатель подсекции – Черкашин Михаил Владимирович, декан ФВС, к.т.н., доцент каф. КСУП.

Подсекция 12.2. Адаптация математических моделей для имитации сложных технических систем. Председатель подсекции – Коцубинский Владислав Петрович, к.т.н., доцент, зам. зав. каф. КСУП.

Подсекция 12.3. Инструментальные средства поддержки сложного процесса. Председатель подсекции – Хабибулина Надежда Юрьевна, к.т.н., доцент каф. КСУП.

Подсекция 12.4. Методы стереоскопической визуализации. Председатель подсекции – Дорофеев Сергей Юрьевич, ассистент каф. КСУП.

Секция 13. Радиотехника. Председатель секции – Титов Александр Анатольевич, д.т.н., профессор каф. РЗИ; зам. председателя – Семенов Эдуард Валерьевич, к.т.н., доцент каф. РЗИ.

Секция 14. Методы и системы защиты информации. Информационная безопасность. Председатель секции – Шелупанов Александр Александрович, проректор по НР ТУСУР, зав. каф. КИБЭВС, д.т.н., профессор; зам. председателя – Мещеряков Роман Валерьевич, к.т.н., доцент, зам. зав. каф. КИБЭВС по НР.

Секция 15. Информационно-измерительные приборы и устройства. Председатель секции – Черепанов Олег Иванович, д.ф.-м.н., профессор каф. ЭСАУ; зам. председателя – Шидловский Виктор Станиславович, к.т.н., доцент каф. ЭСАУ.

Секция 16. Промышленная электроника. Председатель секции – Михальченко Геннадий Яковлевич, д.т.н., профессор каф. ПрЭ; зам. председателя – Семенов Валерий Дмитриевич, зам. зав. каф. ПрЭ по НР, к.т.н., доцент.

Секция 17. Математическое моделирование в технике, экономике и менеджменте. Председатель секции – Мицель Артур Александрович, д.т.н., профессор каф. АСУ; зам. председателя – Зариковская Наталья Вячеславовна, к.ф.-м.н., доцент каф. ФЭ.

Подсекция 17.1. Моделирование в естественных и технических науках. Председатель подсекции – Зариковская Наталья Вячеславовна, к.ф.-м.н., доцент каф. ФЭ.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Подсекция 17.2. Моделирование, имитация и оптимизация в экономике. Председатель подсекции – Мицель Артур Александрович, д.т.н., профессор каф. АСУ; зам. председателя – Ефремова Елена Александровна, к.т.н., доцент каф. АСУ.

Секция 18. Экономика и управление. Председатель секции – Осипов Юрий Мирзоевич, зав. каф. ЮНЕСКО, д.э.н., д.т.н., профессор; зам. председателя – Васильковская Наталия Борисовна, к.э.н., доцент каф. экономики.

Секция 19. Антикризисное управление. Председатель секции – Семиглазов Анатолий Михайлович, д.т.н., профессор каф. ТУ; зам. председателя – Бут Олеся Анатольевна, ассистент каф. ТУ.

Секция 20. Экология и мониторинг окружающей среды. Председатель секции – Карташев Александр Георгиевич, д.б.н., профессор каф. РЭТЭМ; зам. председателя – Смолина Татьяна Владимировна, к.б.н., ст. пр. каф. РЭТЭМ.

Секция 21. Социокультурные проблемы современности. Председатель секции – Суслова Татьяна Ивановна, декан ГФ., зав. каф. КС, д.ф.н., профессор; зам. председателя – Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, д.ист.н., профессор.

Подсекция 21.1. Актуальные проблемы социальной работы в современном обществе. Председатель подсекции – Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, д.ист.н., профессор; зам. председателя – Казакевич Людмила Ивановна, к.ист.н., доцент каф. ИСР.

Подсекция 21.2. Философские проблемы инженерно-технического знания. Председатель подсекции – Московченко Александр Дмитриевич, зав. каф. философии, д.ф.н., профессор; зам. председателя – Раитина Маргарита Юрьевна, к.ф.н., доцент каф. философии.

Подсекция 21.3. Социально-философские проблемы современности. Председатель подсекции – Суслова Татьяна Ивановна, декан ГФ., зав. каф. КС, д.ф.н., профессор; зам. председателя – Захарова Лилия Леонидовна, доцент каф. КС, к.ф.н.

Секция 22. Инновационные проекты, студенческие идеи и проекты. Председатель секции – Уваров Александр Фавстович, проректор по инновационному развитию и международной деятельности, к.э.н.; зам. председателя – Чекчеева Наталья Валерьевна, зам. директора Студенческого бизнес-инкубатора (СБИ), к.э.н.

Секция 23. Автоматизация управления в технике и образовании. Председатель секции – Дмитриев Вячеслав Михайлович, зав. каф. ТОЭ, д.т.н., профессор; зам. председателя – Андреев Михаил Иванович, к.т.н., доцент ВКИЭМ.

Секция 24. Проектная деятельность школьников в сфере информационно-коммуникационных технологий. Председатель секции –

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Татьяна Борисовна Корнеева, заместитель директора по методической работе ОЦ «Школьный университет»; зам. председателя – Нехорошева Юлия Геннадьевна, начальник учебно-методического отдела ОЦ «Школьный университет».

Секция 25. Системы и сети электро- и радиосвязи. Председатель секции – Пуговкин Алексей Викторович, зав. каф. ТОР, д.т.н., профессор; зам. председателя – Демидов Анатолий Яковлевич, к.т.н., доцент каф. ТОР.

Секция 26. Проектирование и эксплуатация радиоэлектронных средств. Председатель секции – Шостик Аркадий Степанович, д.т.н., профессор каф. КИПР; зам. председателя – Озёркин Денис Витальевич, декан РКФ, к.т.н., доцент каф. КИПР.

Адрес оргкомитета:

634050, Россия, г. Томск,
пр. Ленина, 40, ГОУ ВПО «ТУСУР»,
Научное управление (НУ), к. 205
Тел.: 8-(3822)-701-524, 701-582
E-mail: nstusur@main.tusur.ru

Материалы научных докладов,

предоставленные на конференцию, опубликованы в сборнике

«НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР – 2010»

в пяти частях

1-я часть сборника включает доклады 1–7 секций;

2-я часть – доклады 8, 9, 10, 12-й секций;

3-я часть – доклады 11, 14-й секций;

4-я часть – доклады 13, 15, 16-й секций;

5-я часть – доклады 17–26-й секций.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СЕКЦИЯ 1

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Председатель – ***Шарыгин Г.С.,*** *зав. каф. РТС, д.т.н., профессор, зам. председателя –* ***Тисленко В.И.,*** *к.т.н., доцент каф. РТС*

ВЛИЯНИЕ ИСКАЖЕНИЙ ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА НА ОШИБКИ АМПЛИТУДНОГО ПЕЛЕНГАТОРА НА НАЗЕМНЫХ ТРАССАХ

А.С. Аникин, магистрант 6-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, waxs@sibsmail.ru

Приведены оценки точности пеленгования импульсного источника излучения на короткой наземной трассе амплитудным пеленгатором.

В службах радиоконтроля широко применяются амплитудные радиопеленгаторы [1], использующие зависимость амплитуды сигнала на выходе антенны от угла прихода радиоволны. В условиях многолучевости на трассе распространения радиоволн возникают искажения огибающей радиоимпульса. Это сказывается на точности оценки пеленга.

В данной работе на основе экспериментальных данных оценены ошибки амплитудного пеленгатора, работающего по методу равносигнальной зоны для разных временных сечений принимаемого импульсного сигнала.

Амплитудный моноимпульсный пеленгатор представляет собой устройство, в котором производится сравнение амплитуд принятых сигналов антеннами, разнесенными по углу. Диаграммы направленности этих антенн образуют пеленгационную характеристику, необходимую для определения пеленга [2].

В исследуемом амплитудном пеленгаторе используется два рупорных антенных элемента, вид которых показан на рис. 1. Высота расположения антенных элементов над землей – 1,3 м. Угол между оптическими осями антенных элементов – 60 град.

Для приема использовалась аппаратура, описанная в [3]. Там же описана трасса протяженностью 315 м, на которой проводились экспериментальные измерения. В ходе исследования выполнялась регистрация принятых сигналов, в частности оцифровка принимаемого импульса и последующая запись отсчетов в память ЭВМ, что позволило

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

использовать разные временные сечения импульсного сигнала относительно начала импульса, совпадающие с моментами тактов АЦП.

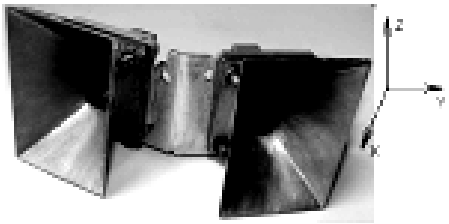


Рис. 1. Антенные датчики исследуемого амплитудного пеленгатора

Полученные экспериментальные материалы подвергались обработке, которая заключалась в выборке двенадцати значений огибающей импульса. Первое значение огибающей радиоимпульса соответствовало моменту его прихода, последующие значения брались с интервалом времени 27,5 нс друг от друга. Пример огибающей радиоимпульса с указанными сечениями показан на рис. 2.

Таким образом, для каждого из указанных временных сечений можно получить зависимости уровня принимаемого сигнала от угла поворота рупорного антенного элемента вокруг оси *Z*. Назовём такие зависимости диаграммами направленности (ДН) антенного элемента в сечении. По этим ДН строятся пеленгационные характеристики, с помощью которых оцениваются пеленг и среднеквадратическая ошибка пеленгования (СКО). Примеры ДН показаны на рис. 3–5 для временных сечений, соответствующих моментам времени 0, 110 и 302,5 нс относительно начала импульса.

Рис. 2. Временные сечения радиоимпульса, в которых оцениваются значения огибающей

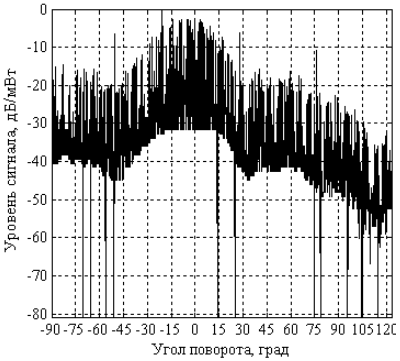


Рис. 3. ДН антенного элемента для сечения импульса, соответствующего моменту времени 0 нс

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

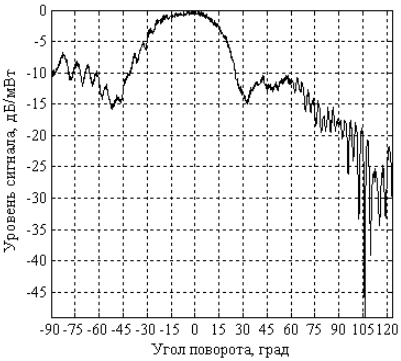


Рис. 4. ДН антенного элемента для сечения импульса, соответствующего моменту времени 110 нс

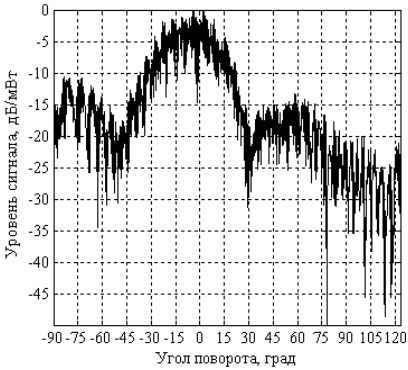


Рис. 5. ДН антенного элемента для сечения импульса, соответствующего моменту времени 302,5 нс

Были вычислены пеленгационные характеристики (ПХ) по ДН для указанных временных сечений. По ПХ рассчитывались соответствующие оценки пеленга и СКО пеленгования. СКО пеленгования рассчитывалась как среднеквадратическое отклонение ($\ln(U_1) - \ln(U_2) = f(\alpha)$) от прямой на квазилинейном участке этой зависимости. СКО пеленгования для полученных временных сечений радиоимпульса показан на рис. 6.

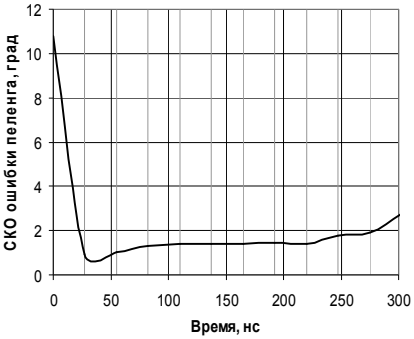


Рис. 6. СКО пеленгования

Таким образом, видно, что пеленгование по значениям сигнала на его фронтах дает большие флуктуационные ошибки (СКО 5–11 град). Наибольшие ошибки наблюдаются при пеленговании по переднему фронту. В пределах вершины импульса ошибка пеленгования составляет 2–3 град. Возрастание СКО ошибки пеленга на фронтах импульса можно объяснить худшим отношением сигнал/шум и большим влиянием дискретизации по времени.

Ошибка пеленга при измерении по вершине импульса составляет примерно 12 град и мало меняется, что позволяет ввести соответствующую поправку для её компенсации. Величина оценки пеленга возрастает при пеленговании на фронтах.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А.* Радиомониторинг. Задачи, методы, средства. М.: «Горячая линия – телеком», 2006.

2. *Леонов А.И., Фомичев К.И.* Моноимпульсная радиолокация. М.: Сов. радио, 1970. 392 с.

3. *Аникин А.С., Денисов В.П.* Влияние ориентации антенны источника излучения на точность пеленгования амплитудным пеленгатором // Научная сессия ТУСУР-2009: Сб. докл. Томск, 2009.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ НАЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ РАДИОСИГНАЛОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

В.Ю. Баженов, А.В. Кузовников, И.А. Гуляев, А.Л. Дерябин, В.А. Агуреев, аспиранты

г. Железногорск, ОАО «ИСС», ascod1@mail.ru

Проблема несанкционированного вмешательства в работу спутниковых систем связи является предметом исследований проводимых во многих странах [1]. Развитию этого негативного явления способствует несколько обстоятельств:

1. «Прозрачность» борта ИСЗ для любых сигналов, поступающих на его приемную антенну.

2. Широкая доступность сведений о расположении ИСЗ.

3.Доступность информации о диапазоне рабочих частот и поляризации сигнала [2].

Из многообразия возможных методов определения координат источников излучения можно выделить три, которые обеспечивают приемлемую точность измерения: разностно-дальномерный, разностно-частотный и фазовый.

Разностно-дальномерный метод реализуется в системе с большим числом измерительных пунктов, размещенных на космических аппаратах (КА), образующих две измерительные базы. Таким образом, гиперболическая система с тремя КА обладает наиболее высокой точностью измерения и быстродействием. Недостаток системы – большие сложность и стоимость.

Определение координат источника сигналов (ИС) с антенной решеткой на борту ИСЗ. Единственным источником информации для определения координат источника сигнала являются характеристики фронта принимаемой волны, что может быть оценено исключительно с помощью антенной решетки (АР), когда угол прихода волны оценивается по разности хода сигнала между элементами АР [3].

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 1 построены рабочие зоны для фазового метода с антенной решеткой на борту при погрешности задания координат ИСЗ и погрешности измерения разности фаз соответственно $\Delta\lambda_{sp} = \Delta\varphi_{sp} = \Delta R1$ и $\Delta\Delta\psi_{1-2} = \Delta\Delta\psi_{3-4} = 0$. Цифрой 0 обозначена подспутниковая точка, где погрешность определения координат ИС $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 0^\circ$, 1 – соответствует $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 0{,}01^\circ$; область 2 – соответствует $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 0{,}03^\circ$; 3 – обозначена граница рабочей зоны, в пределах которой погрешности не превышают $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 0{,}05^\circ$; 4 – граница рабочей зоны при $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 0{,}1^\circ$.

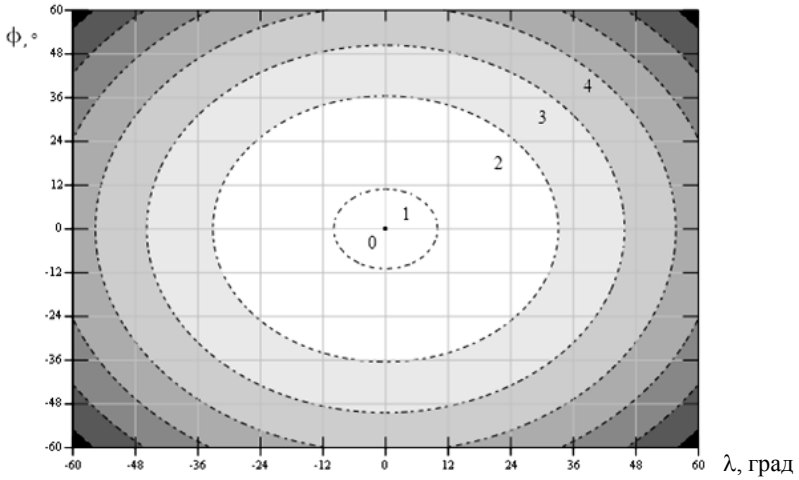


Рис. 1. Рабочие зоны для фазового метода

Метод определения координат ИС с использованием виртуальной антенной решетки на борту ИСЗ на ГСО не требует доработки бортовой аппаратуры, поэтому она применима для уже действующих ИСЗ на ГСО [4]. Однако, используя факт перемещения ИСЗ по суточной траектории, можно сформировать ВАР в виде нескольких последовательных по времени позиций ИСЗ. Измеряя разность фаз сигналов ИС в этих позициях при известных координатах ИСЗ, можно определить его координаты.

Для фазовой методики с ВАР также построены рабочие зоны (рис. 2) без учета неточности задания реальных координат ИСЗ.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Точка 0 соответствует $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 0^\circ$; зона 1 соответствует $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 0{,}01^\circ$; 2 – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 0{,}1^\circ$; 3 – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 0{,}2^\circ$; 4 – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 1^\circ$.

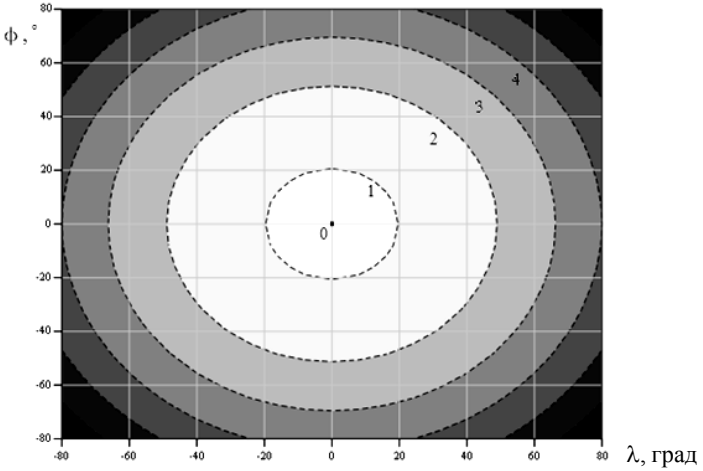


Рис. 2. Рабочие зоны для фазового метода с ВАР

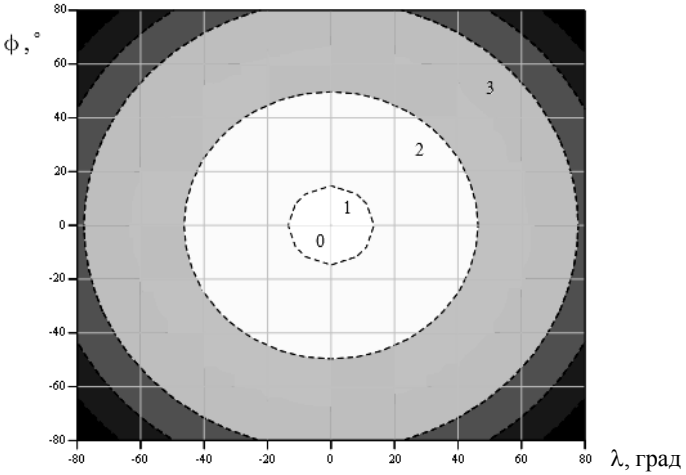


Рис. 3. Рабочие зоны для разностно-частотного метода

Разностно-частотный метод определения координат. Неидеальность геостационарной орбиты приводит не только к колебаниям ИСЗ по широте и долготе и по дальности, но и к возникновению эффекта Доплера.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На основании расчетных зависимостей построены рабочие зоны. Точка 0 – соответствует $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 0^\circ$; зона 1 – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 0{,}1^\circ$; 2 – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 1^\circ$; 3 – $\Delta\lambda = \Delta\varphi = 10^\circ$.

Сравнение фазовых методик местоопределения с методикой, основанной на эффекте Доплера. Результаты расчетов для рассмотренных методик показали, что Доплеровская методика значительно уступает (на порядок) в погрешности определения координат ИС с помощью ВАР и на два порядка фазовой методике с антенной решеткой на борту ИСЗ на ГСО.

Для обеспечения наибольшей эффективности и точности решения задачи местоопределения необходимо разработать комплексный алгоритм определения местоположения источников радиоизлучений.

Комплексный метод определения местоположения позволит сформировать единую защищенную спутниковую систему связи с обработкой информации на земной станции в реальном времени для обеспечения наименьшей погрешности определения координат.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Макаров С.Б.* Радиоэлектронные методы защиты сообщений от несанкционированного доступа // Научно-технические ведомости. 1999. №4. 155 с.

2. *Траектория* движения ИСЗ на ГСО / (http://www.lyngsat.com).

3. *Белавин О.В.* Основы радионавигации: Учеб.е пособие для вузов. М.: Советское радио, 1977. 320 с.

4. *Панько С.П.* Фазовая пеленгация в спутниковой связи // Электронный журнал «Исследовано в России». 2003.

УВЕЛИЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ПОРЯДКА РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ*

В.С. Беликов, Ф.Н. Захаров, А.А. Васильев, студенты 4-го курса

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, geksogen@sibmail.com

При проектировании систем радиосвязи различных типов возникает необходимость прогнозирования характера поведения радиоволн на протяжении трассы распространения.

* Выполнено в рамках проекта ГПО РТС-0739 «Исследование точности численного решения волнового параболического уравнения».

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Известно, что основным методом расчета ожидаемых характеристик электромагнитного поля над неровной земной поверхностью в современных системах прогнозирования является численное решение волнового уравнения параболического типа (ПВУ) [1]

$$\frac{\partial u(x,z)}{\partial x} = \frac{i}{2k} \cdot \frac{\partial^2 u(x,z)}{\partial z^2}, \qquad (1)$$

где $k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda}$ – волновое число; x, z – координаты по дальности и высоте соответственно.

ПВУ описывает лишь волны, распространяющиеся под малыми углами β по отношению к направлению оси *Ox* (вдоль трассы).

Основными численными методами решения ПВУ являются метод преобразования Фурье и схема Кранка–Николсон. Последняя использует для решения разностного уравнения в прямоугольной области *XOZ* сеточный метод.

Основной недостаток схемы Кранка–Николсона – относительно невысокая точность [1]. Требуемой точности можно добиться двумя способами: уменьшая величину шага (Δz) в направлении поперек трассы или увеличивая порядок разностных уравнений.

Целью данной работы является исследование возможности увеличения точности численного решения ПВУ путем увеличения порядка разностных уравнений.

Задача численного решения ПВУ сеточным методом формально сводится к задаче линейной цифровой фильтрации отсчетов комплексной огибающей поля (КОП) при помощи фильтра с бесконечной импульсной характеристикой [2, 3]. Действительно, чтобы вычислить значения КОП на очередном шаге по дальности, необходимо подать на вход фильтра значения КОП в узлах сетки на предыдущем шаге.

Амплитудно-частотная характеристика такого (идеального) фильтра постоянна, а фазочастотная характеристика (ФЧХ) – квадратическая. ФЧХ каскада фильтров первого порядка, используемых для реализации схемы Кранка–Николсона, отличается от идеальной, что является основным источником погрешностей при расчете.

Чтобы исключить другие источники ошибок, исследовании точности трехточечной схемы Кранка–Николсона проводилось в предположении, что среда однородна и безгранична. В качестве модели источника излучения использовался элементарный точечный источник, диаграмма направленности которого равномерна в секторе углов $\beta \le \beta_{max}$ [4].

На рис. 1 представлены сравнительные характеристики ФЧХ идеального фильтра, трехточечной (фильтры первого порядка) и пятито-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

чечной (фильтры второго порядка) разностных схем, полученные в результате расчетов.

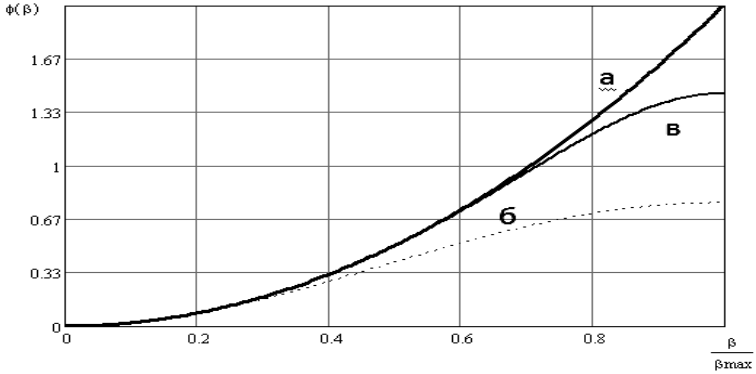


Рис. 1. Сравнение ФЧХ идеального фильтра (*а*), трехточечной схемы (*б*) и пятиточечной схемы (*в*)

Из рис. 1 видно, что расхождения ФЧХ с эталонной у трехточечной схемы начинается гораздо раньше, чем у пятиточечной, что говорит об увеличении точности прогнозирования характеристик поля вдоль трассы распространения радиоволн при увеличении количества расчетных точек.

Улучшение ФЧХ ведет к увеличению угла распространения, при котором возможно использовать данный метод расчета, а также ведет к улучшению расчета поля на каждом шаге по дальности, что отражено на рис. 2.

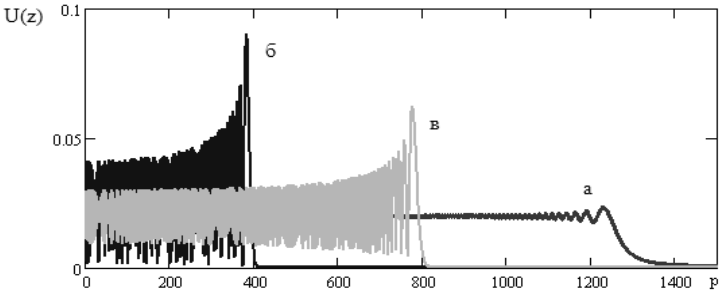


Рис. 2. Зависимости амплитуды поля от высоты *z* на расстоянии 6 км от источника излучения: *а* – эталонная, *б* – схема Кранка-Николсона, *в* – пятиточечная схема

Из рис. 2 видно, что расчет поля с использованием трехточечной схемы Кранка–Николсона (график *б*) дает очень большие отклонения

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

от точных значений, кроме того, видны большие вариации амплитуды и даже падение амплитуды до нуля. Расчет по пятиточечной схеме (график *в*) дает результат, более близкий к идеальному по сравнению с трехточечной схемой. Таким образом, пятиточечная схема расширяет область применимости волнового уравнения, увеличивая значение максимального угла распространения, при котором можно использовать решение параболического уравнения для расчета поля.

Недостатком пятиточечной схемы является увеличение вычислительных затрат приблизительно в два раза, поскольку количество операций, требуемых для расчета поля в каждой точке пространства, увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Levy M.* Parabolic equation methods for electromagnetic wave propagation. London: The *I*EEE, 2000. 336 p.

2. *Самарский А.А.* Введение в численные методы: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1987. 286 с.

3. *Оппенгейм А.В., Шафер Р.В.* Цифровая обработка сигналов. М.: Связь, 1979. 417 с.

4. *Kuttler J.R. and Dockery G.D.* Theoretical description of parabolic approximation / Fourier split – step method of representing electromagnetic propagation in the troposphere // Radio Science. 1991. Vol. 26, № 2. P. 381–393.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ РЛС С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

А.А. Будаев, магистрант, В.П. Денисов, д.т.н., проф.

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, bozon@sibmail.com

В настоящее время идёт активное развитие космических радиотехнических систем. Широко известны различные спутниковые навигационные, телекоммуникационные системы. Существуют и военные спутниковые системы различного назначения. Одним из таких назначений является радиотехническая разведка, которая включает в себя прослушивание электромагнитных излучений в радиодиапазоне и радиолокационное наблюдение. Пассивная регистрация и пеленгование радиоизлучений дают возможность определять расположение и тактико-технические характеристики радиолокационных средств противника, что необходимо для выработки мер противодействия. Прослушивание радиопереговоров позволяет связать их с объектами, наблюдаемыми на фотоснимках, уточняя, таким образом, местонахождения центров связи и боевого управления. Кроме того, характер и интенсив-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ность радиообмена отражают режим функционирования вооруженных сил противника, и их изменение может, например, выявлять повышение уровня боеготовности еще до того, как это станет заметно по данным оптической разведки.

Целью данной работы является исследование возможности определения местоположения РЛС в локальной зоне, используя спутниковую систему, состоящую из 1–3 геостационарных спутников, с точками стояния, разнесёнными по долготе на 120˚.

Одной из проблем в разработке облика системы является достаточно широкий диапазон разведки – 1–18 ГГц. Прежде всего, это значительно затрудняет проектирование антенной системы. Так как спутник находится на большом удалении от цели (35786 км), то посланный источником сигнал претерпевает значительное ослабление (рис. 1). В связи с этим приёмная антенная система должна обеспечивать высокое усиление. Задавшись характеристиками зонтичных параболических антенн космического базирования, можно с уверенностью сказать, что можно использовать 12-метровую зеркальную антенну. Следует отметить, что весь диапазон частот целесообразно разделить на несколько поддиапазонов, так как создать антенну с одним облучателем, работающим в такой широкой полосе частот, невозможно.

Амплитудный пеленгатор использует моноимпульсный метод и включает в себя многолучевую зеркальную антенну с диаметром раскрыва 12 м, создающую четыре перекрывающихся луча.

Приёмная и передающая антенны имеют коэффициент усиления, зависящий от частоты сигнала (рис. 2).

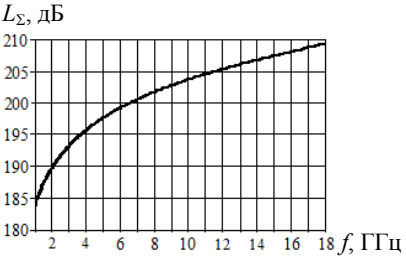


Рис. 1. Потери энергии сигнала при распространении

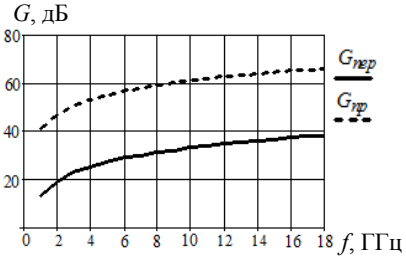


Рис. 2. Зависимость значений коэффициентов усиления приёмной и передающей антенн от частоты сигнала

Исследование энергетики радиолинии «Земля – КА» проводилось при разных значениях мощностей передатчика, причём система пеленгации работала по боковым лепесткам наземной РЛС. Критерием качества анализа и распознавания сигнала служит величина отношения

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

мощности принятого сигнала к мощности шумов на входе приёмника (рис. 3).

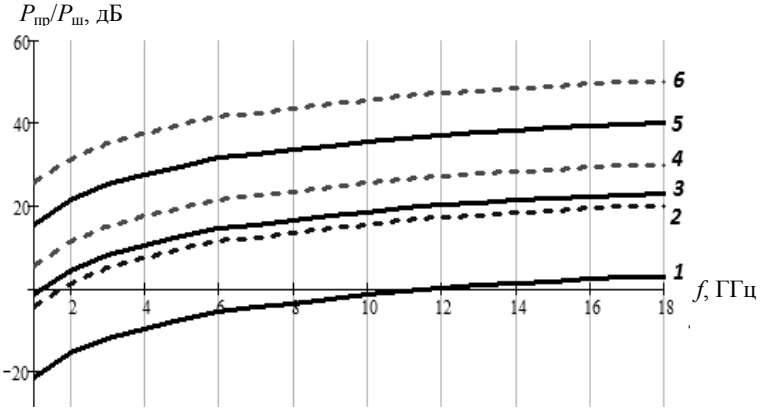


Рис. 3. Зависимость отношения сигнал/шум от частоты сигнала для различных величин мощности переданного сигнала:
1 – 1 Вт; *2* – 50 Вт; *3* – 100 Вт; *4* – 500 Вт; *5* – 5 кВт; *6* – 50 кВт

Ошибка пеленгования амплитудного моноимпульсного пеленгатора по углу при высоком отношении сигнал/шум оценивается в $\Delta\theta = 0{,}01\theta_{0{,}5}$, где $\theta_{0{,}5}$ – ширина диаграммы направленности [1]. В экваториальной зоне ошибка определения угла на поверхности Земли соответствует области круглой формы, зависимость поперечного размера от частоты принимаемого сигнала представлена на рис. 4.

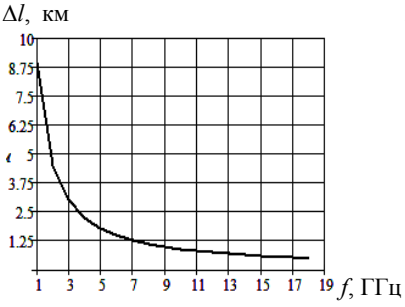


Рис. 4. Зависимость ошибки пеленгования от частоты принимаемого сигнала, пересчитанная в расстояние на поверхности Земли (экватор)

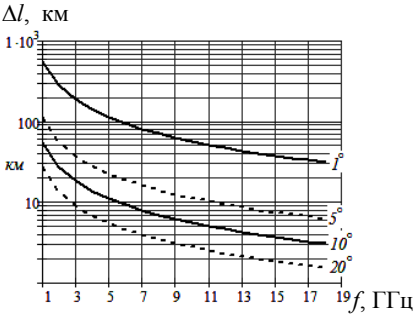


Рис. 5. Зависимость ошибки пеленгования от частоты принимаемого сигнала в высоких широтах при различных значениях углов места

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В высоких широтах область ошибки пеленгования вытянется по направлению к полюсу и примет каплеобразную форму. Размеры этой области меняются в зависимости от частоты сигнала, принимаемого бортовой антенной, а также от угла места (рис. 5).

Исходя из полученных результатов, можно утверждать, что энергии сигнала, излучённого наземными РЛС, хватит для пеленгации на геостационарном спутнике. Точность пеленгования в приэкваториальной зоне будет значительно выше, чем в высоких широтах, что связано с увеличением поперечного размера области неоднозначного определения угла.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Леонов А.И., Фомичёв К.И.* Моноимпульсная радиолокация. М.: Сов. радио, 1970. 392 с.

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ В ПАССИВНЫХ СИСТЕМАХ РАДИОМОНИТОРИНГА

Н.В. Демаков, аспирант, В.А. Кураков, доцент С
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС

Целью данной работы являются синтез алгоритмов цифровой обработки широкополосных сигналов с фазовой манипуляцией методом модуляции несущей псевдослучайной последовательностью (ПСП) и псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ) в задаче оценивания параметров данных сигналов в пассивных системах радиомониторинга, а также разработка предложений в плане практической реализации предложенных алгоритмов на борту космического аппарата (КА).

Актуальность данной работы заключается в том, что в последнее время возросло число случаев несанкционированного использования частотного ресурса, злоумышленники все чаще стали использовать сигналы с повышенной скрытностью передачи. Общеизвестно, что системы связи, в которых используются фазоманипулированные сигналы с расширением спектра методом модуляции несущей псевдослучайной последовательностью и сигналы с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты, обладают, по сравнению с узкополосными системами связи, более высоким уровнем скрытности передачи. Кроме того, вопрос оценки параметров широкополосных сигналов в доступной литературе практически не рассматривается.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Без знания параметров псевдослучайной последовательности невозможно произвести приём и демодуляцию данных сигналов. К параметрам псевдослучайной последовательности относятся:

- длина ПСП;
- тактовая частота ПСП.

Но самую важную роль в мониторинге сигналов с расширенным спектром играет знание структуры ПСП.

На данном этапе разработана модель системы, определяющей скачки фазы в зашумленном фазоманипулированном сигнале с расширением спектра методом модуляции несущей псевдослучайной последовательностью. Данная модель разработана в системе Matlab и основывается на использовании вейвлет-преобразования.

Вейвлет-преобразование привносит в обработку данных дополнительную степень свободы. Так, например, анализ Фурье способен показать поведение сигнала в частотной области, оставляя открытым вопрос о локализации во времени различных компонент сигнала. Локализационные свойства вейвлет-анализа заложены в самой его структуре. По вейвлет-спектру можно определять различные локальные особенности сигналов, а именно: скачки амплитуды, фазы и частоты. Более того, можно определить, когда произошли эти скачки. Определив скачки фазы в сигнале и привязав их ко времени, можно таким образом определить структуру ПСП. Структурная схема модели системы, определяющей скачки фазы в широкополосном фазоманипулированном сигнале, представлена на рис. 1.

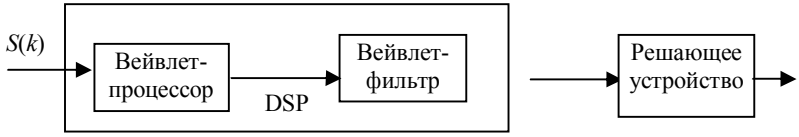


Рис. 1. Структурная схема модели системы, определяющей скачки фазы в широкополосном фазоманипулированном сигнале

Принцип работы системы выглядит следующим образом. На вход вейвлет-процессора поступает последовательность отсчетов зашумленного входного сигнала, вычисляющего коэффициенты дискретного вейвлет-преобразования. После вейвлет-процессора полученные коэффициенты дискретного вейвлет-преобразования поступают на вход вейвлет-фильтра, который убирает из коэффициентов дискретного вейвлет-преобразования шумовые компоненты. Далее последовательность коэффициентов поступает на вход решающего устройства, выносящего решение о том, насколько в данный момент времени произошел скачок фазы (0 или π радиан). Решающее устройство работает

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

по пороговому методу. Во время скачка фазы резко возрастает значение вейвлет-коэффициентов, причем знак коэффициента зависит от величины скачка фазы. Все моделирование проводилось в пакете Simulink v.6.6. На рис. 2 показан вид сигнала с выхода порогового устройства.

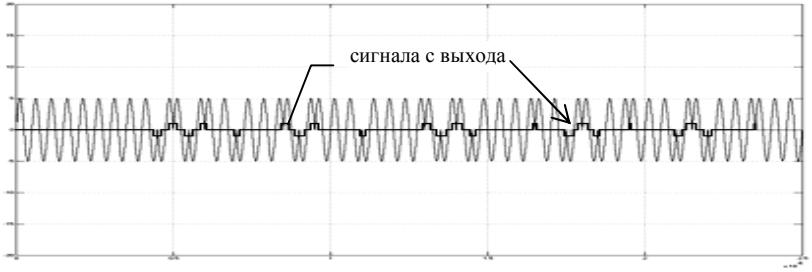


Рис. 2. Сигнал с выхода порогового устройства

Моделирование проводилось при посылке 400 манипуляций фазы, результаты моделирования занесены в следующую таблицу:

Отношение сигнал/шум по мощности q, дБ	–9	–6	–3	0
Отношение $N_{ош}/N$	0,93	0,235	0,15	0

Примечание. Величина $N_{ош}/N$ обозначает отношение количества ошибочно определенных скачков к общему числу скачков фазы. Отношение сигнал/шум – на входе системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борисов В.И., Зинчук В.М., Лимарев А.Е., Мухин Н.П., Нахмансон Г.С.* Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов модуляцией несущей псевдослучайной последовательностью / Под ред. В.И. Борисова. М.: Радио и связь, 2003. 640 с.

МЕТОДЫ АДАПТИВНОЙ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

А.Л. Дерябин, А.В. Кузовников, В.А. Агуреев, В.Ю. Баженов, аспиранты
г. Железногорск, ОАО «ИСС», deanle@mail.ru

В настоящее время развитие радиоэлектронной техники обусловлено внедрением новых способов цифровой обработки сигналов. Оптимальные алгоритмы обработки сигналов основаны на статистических моделях сигналов и шумов. Модели строятся на концепциях ли-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

нейности, стационарности и нормальности (гауссовости). Однако данные принципы не всегда выполняются на практике. Адаптивная цифровая фильтрация (АЦФ) позволяет подстраиваться под статистические параметры входного сигнала, не требуя при этом задания каких-либо моделей. В данной работе проведён анализ эффективности использования алгоритмов АЦФ.

АЦФ работают по принципу замкнутого контура (обратной связи). Входной сигнал $x(t)$, представляющий собой аддитивную смесь шумоподобного сигнала, узкополосных помех и белого гауссовского шума, обрабатывается программируемым фильтром, где формируется оценка помех, которая затем вычитается из входного процесса. После вычитания сигнал ошибки используется для корректировки весовых коэффициентов фильтра (рис. 1) с целью минимизации ошибки прогнозирования помех [1].

Рис. 1. Структурная схема АЦФ

В результате частотная характеристика программируемого фильтра изменяется (адаптируется) таким образом, чтобы пропустить без искажений полезный шумоподобный сигнал и ослабить помехи.

В работе рассмотрены два адаптивных алгоритма. Алгоритм LMS (Least Mean Square, метод наименьших квадратов) и RLS (Recursive Least Square, рекурсивный метод наименьших квадратов). Вывод формул, описывающих данные алгоритмы, производится на основе уравнений оптимальной фильтрации сигналов [2]. Оптимальное значение порядка фильтра и его весовых коэффициентов заранее неизвестно и зависит от многих факторов, в том числе от помех. Если порядок фильтра выбран слишком малым, помехи не будут подавлены полностью, если излишне большим, то могут возникнуть дополнительные искажения сигнала за счет появления ложных провалов в передаточной функции фильтра. Время обработки, а следовательно, и частота дискретизации зависят от порядка фильтра. Таким образом, выбор по-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

рядка фильтра представляет собой компромисс между величиной ошибки прогноза и временем выполнения алгоритма адаптации (обработка сигнала в реальном масштабе времени).

Проведено моделирование АЦФ в системе MATLAB® для сигналов BPSK, 16QAM и проведена оценка эффективности АЦФ [3]. На рис. 2 и 3 представлены исходный, зашумленный и отфильтрованный сигнал фильтрами LMS, RLS при отношение сигнал/шум 0 дБ.

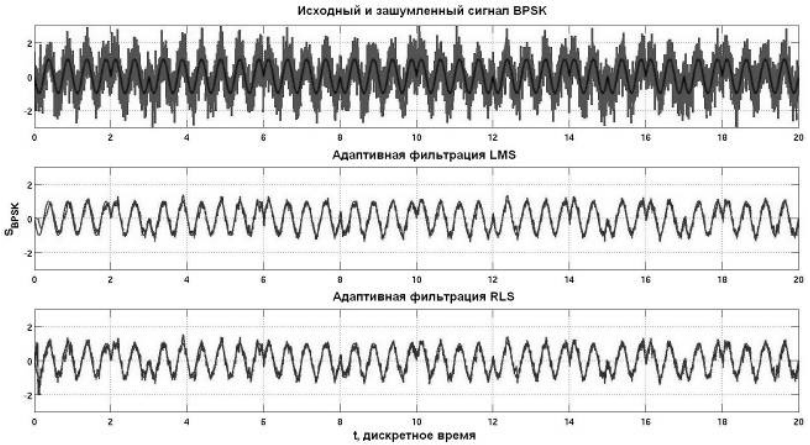


Рис. 2. Исходный, зашумленный и отфильтрованный сигнал BPSK при отношении сигнал/шум 0 дБ

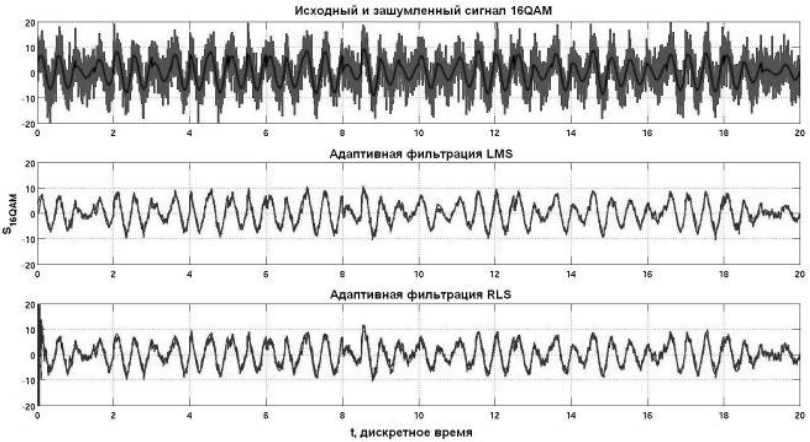


Рис. 3. Исходный, зашумленный и отфильтрованный сигнал 16QAM при отношении сигнал/шум 0 дБ

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 4 и 5 представлены зависимости коэффициентов корреляции от отношения сигнал/шум для сигналов BPSK и 16QAM без фильтрации и с фильтрацией LMS и RLS.

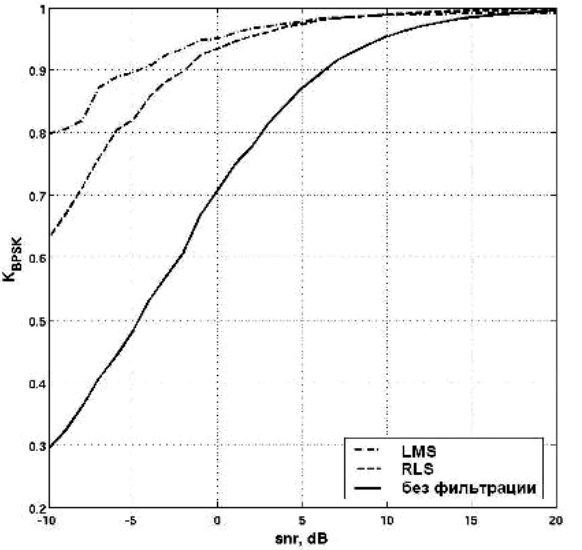


Рис. 4. Коэффициент корреляции от отношения сигнал/шум для сигнала BPSK

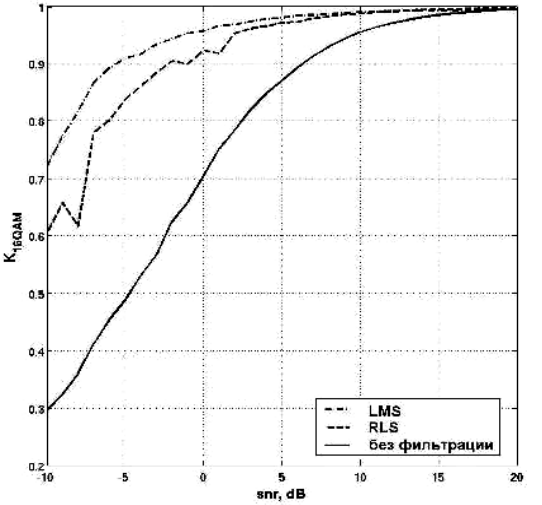


Рис. 5. Коэффициент корреляции от отношения сигнал/шум для сигнала 16QAM

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Анализируя зависимости коэффициентов корреляции от отношения сигнал/шум, видно, что выигрыш в отношении сигнал/шум от применения адаптивной цифровой фильтрации составляет:

для сигнала BPSK при LMS ~ 12 дБ,
при RLS ~ 7 дБ;
для сигнала 16QAM при LMS ~ 11,5 дБ;
при RLS ~ 7 дБ.

Дальнейшая работа будет направлена на автоматизацию процесса выбора оптимальных значений порядка и коэффициентов адаптивного цифрового фильтра.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борисов В.И., Зинчук В.М., Лимарев А.Е., Мухин Н.П., Нахмансон Г.С.* Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов модуляцией несущей псевдослучайной последовательностью / Под ред. В.И. Борисова. М.: Радио и связь, 2003. 640 с.

2. *Сергиенко А.Б.* Цифровая обработка сигналов: Учеб. для вузов. 2-е изд. СПб.: Питер, 2007. 751 с.

3. *Липкин И.А.* Основы статистической радиотехники. М.: Сов. радио, 1978. 237 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ ФАЗОВОГО ПЕЛЕНГАТОРА 10-САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Е.Ю. Дикий, студент 5-го курса;
А.А. Мещеряков, к.т.н., с.н.с. НИИ РТС
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, 4estor@mail2000.ru

Для обеспечения в НИИ РТС ТУСУР научно-исследовательских работ по изучению свойств радиосигналов, прошедших наземные трассы распространения, разрабатывается экспериментальный комплекс, который, кроме измерения уровня принятого сигнала в 10-сантиметровом диапазоне волн, позволит проводить оценку его углов прихода.

Основой такого комплекса является фазовый пеленгатор, предназначенный для определения угловых координат источника электромагнитного излучения по результатам измерения разности фаз сигналов, принимаемых на четыре одинаковые антенны.

Антенны располагаются на одной прямой линии на расстояниях, образующих три базы – 126, 798 и 966 мм. При таком расположении антенн фазового пеленгатора оцениваемым параметром источника излучения является косинус угла между осью антенной решетки и на-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

правлением на источник излучения [1]. Для этого измеряется разность фаз между сигналом, принимаемым определенным (опорным) элементом, и остальными сигналами.

Структурная схема экспериментального комплекса приведена на рис. 1.

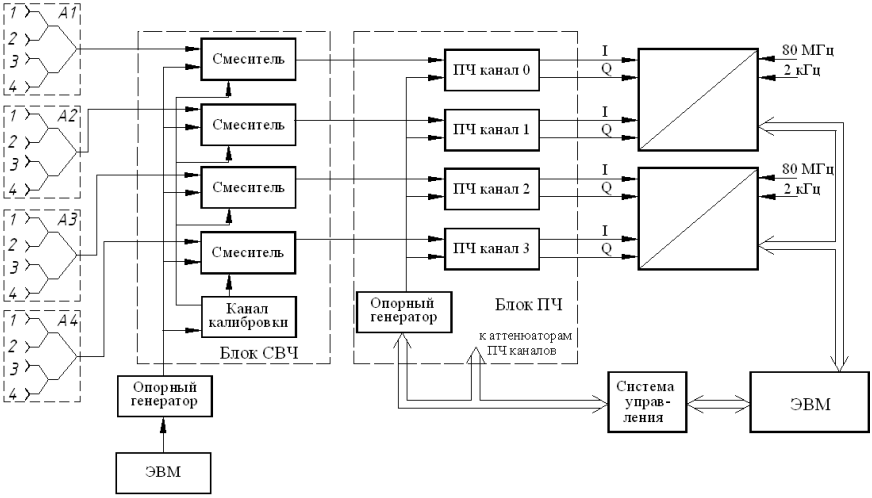


Рис. 1. Структурная схема экспериментального комплекса

В комплекс входят разработанная и изготовленная в ОАО «ЦКБА», г. Омск, высокочастотная часть с антенными элементами и низкочастотная часть с системой регистрации, разработанная в НИИ РТС ТУСУР.

Высокочастотная часть состоит из четырех приемных модулей с общим опорным генератором. Конструктивно каждый приемный модуль совмещен со своей антенной системой и размещен на прямоугольной алюминиевой пластине (антенной панели) размером 110×30 мм. Внешний вид антенной панели изображен на рис. 2.

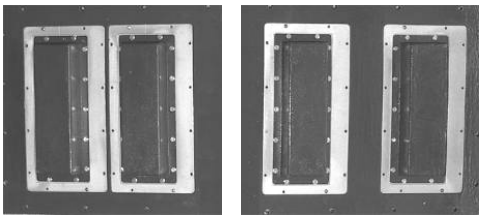
Антенная система приемного модуля, изображенного на рис. 3, состоит из четырех печатных вибраторов, ориентированных в пространстве под углом 45 град и объединенных в синфазную вертикальную линейную антенную решетку для формирования узкой диаграммы направленности в вертикальной плоскости.

Функциональная схема приемного модуля фазового пеленгатора представлена на рис. 4.

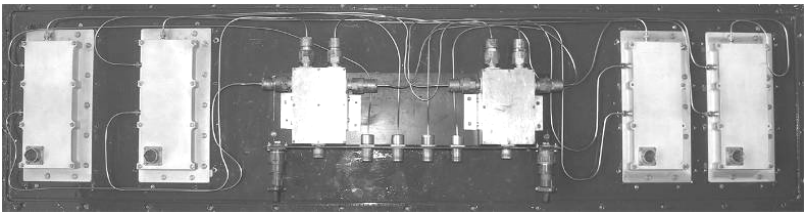
В низкочастотную часть входят усилители промежуточной частоты, управляемые цифровым кодом, для поддержания постоянного

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

уровня сигнала ПЧ, квадратурные демодуляторы, многоканальные АЦП и устройство управления работой приемно-измерительного тракта.



а



б

Рис. 2. Внешний вид антенной панели фазового пеленгатора:
а – спереди; *б* – сзади

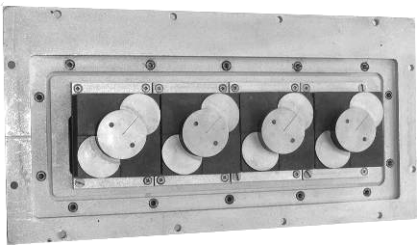


Рис. 3. Внешний вид приемного модуля фазового пеленгатора

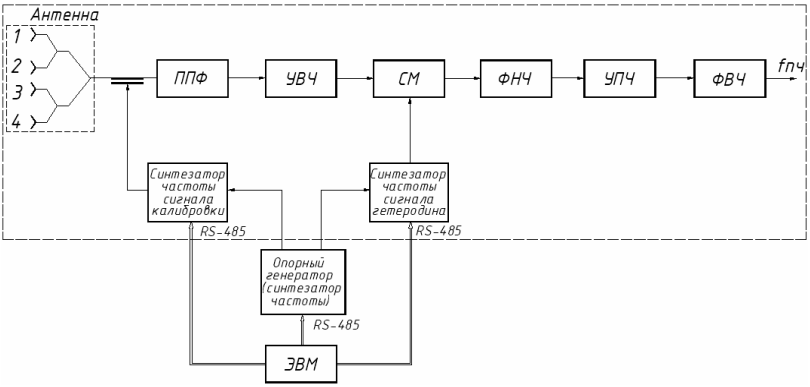


Рис. 4. Функциональная схема приемного модуля фазового пеленгатора

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Разработанный экспериментальный комплекс обеспечивает следующие технические характеристики:

– количество антенн – 4;

– количество приемных каналов – 4;

– диапазон частот приема – 3500...4500 МГц;

– динамический диапазон приемной системы – не менее 90 дБ;

– поимпульсная регистрация квадратурных составляющих сигнала с полосой не менее 52 МГц.

На данный момент экспериментальный комплекс собран, проверяются его работоспособность и измеряются его технические характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Денисов В.П., Дубинин Д.В.* Фазовые пеленгаторы. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2002.

МОНОИМПУЛЬСНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ В ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ РЛС ПО УГЛУ ЭЛЛИПТИЧНОСТИ

В.А. Громов, аспирант, Г.С. Шарыгин, проф.

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, grom_v_a@ms.tusur.ru, gssh@mail.tomsknet.ru

В радиолокации широко известен метод порогового обнаружения сигналов, при этом характеристики обнаружения (вероятность ложной тревоги и правильного обнаружения) определяются отношением сигнал/шум и применяемым критерием оптимального выбора порога.

В поляризационных радиолокаторах задача оптимального обнаружения усложняется, поскольку на выходе антенной системы имеется не один, а два сигнала и обнаружение должно проводиться по их совокупности. Представляет интерес рассмотреть возможный алгоритм обнаружения по неэнергетическим параметрам этой совокупности, поскольку такие параметры могут быть индивидуальными для каждой цели, поэтому задачи обнаружения и распознавания (селекции) могут решаться совместно.

Одним из неэнергетических параметров полностью поляризованного сигнала является угол эллиптичности ε [1]:

$$\varepsilon = 0{,}5 \cdot \arcsin \frac{2 \cdot E_y \cdot E_x \cdot \sin\delta}{E_y^2 + E_x^2},$$

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

где E_x, E_y и $\delta = \varphi_y - \varphi_x$ – соответственно амплитуды и разность фаз ортогонально поляризованных компонент в линейном (декартовом) поляризационном базисе.

Метод интервального обнаружения. Если угол эллиптичности полезного сигнала ε_0 известен, то обнаружение такого сигнала по измеренному значению ε может производиться следующим образом. В окрестности ожидаемой величины ε_0 по некоторому правилу определяется интервал $\Delta\varepsilon = \varepsilon_2 - \varepsilon_1$. Если ε находится в пределах этого интервала, то принимается решение о наличии полезного сигнала, в противном случае принимается решение о его отсутствии. При использовании критерия Неймана–Пирсона интервал $\Delta\varepsilon$ выбирается таким, чтобы вероятность нахождения в нем значения ε «чистого» шума (без полезного сигнала) равнялась заданной вероятности ложной тревоги P_F.

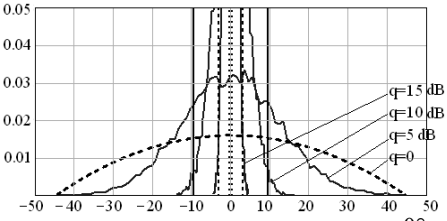
В таблице указаны границы интервалов обнаружения при заданных значениях вероятности ложной тревоги и углов эллиптичности полезного сигнала. Границы определены с использованием плотности распределения угла эллиптичности гауссового шума, рассчитанной путем математического моделирования. Правильное обнаружение имеет место, когда угол эллиптичности смеси полезного сигнала и шума попадает в интервал обнаружения.

Интервалы обнаружения

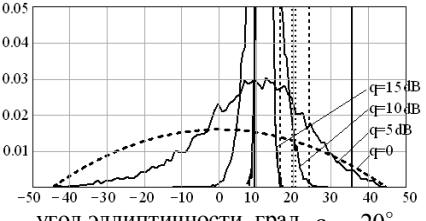
Вероятность ложной тревоги P_F	Границы интервала обнаружения, град при угле эллиптичности ε_0		
	0	20	45
0,01	[–0,3; 0,3]	[19,6; 20,4]	[–45; –40,9], [40,9; 45]
0,1	[–3,1; 3,1]	[16,3; 24,1]	[–45; –32,3], [32,3; 45]
0,3	[–9,5; 9,5]	[9,5; 35,5]	[–45; –22,3], [22,3; 45]

На рис. 1 показаны кривые плотности вероятности угла эллиптичности смеси полезного сигнала и шума и указаны границы интервала обнаружения для разной вероятности ложной тревоги P_F и различных отношений сигнал/шум q при угле эллиптичности полезного сигнала $\varepsilon_0 = 0^o; 20^o; 45^o$. Под величиной q^2 понимается отношение суммарной мощности полезного сигнала в двух ортогонально поляризованных каналах приема к дисперсии (мощности) шума в каждом канале. Жирным пунктиром изображена плотность вероятности угла эллиптичности «чистого» шума.

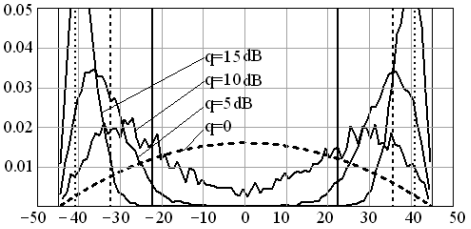
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



угол эллиптичности, в градусах, $\varepsilon_0 = 0°$



угол эллиптичности, град, $\varepsilon_0 = 20°$

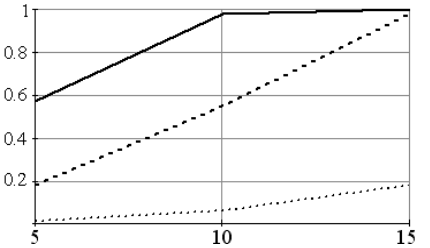


угол эллиптичности, град, $\varepsilon_0 = 45°$

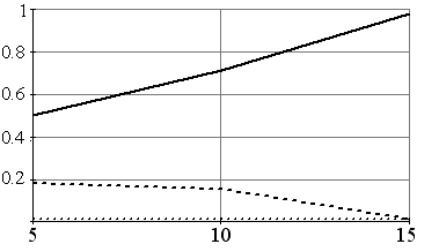
Рис. 1. Плотность вероятности угла эллиптичности $P_F = 0{,}01$

-------- $P_F = 0{,}1$; — $P_F = 0{,}3$

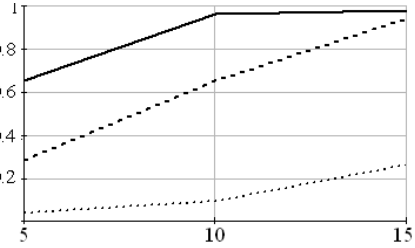
На рис. 2 показана вероятность правильного обнаружения при применении предложенного интервального метода.



отношение сигнал/шум, дБ, $\varepsilon_0 = 0°$



отношение сигнал/шум, дБ, $\varepsilon_0 = 20°$



отношение сигнал/шум, дБ, $\varepsilon_0 = 45°$

Рис. 2. Вероятность правильного обнаружения·

— $P_F = 0{,}01$; -------- $P_F = 0{,}1$; — $P_F = 0{,}3$

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В то же время известно [2], что при применении обычного порогового метода вероятность правильного обнаружения при вероятности ложной тревоги $P_F = 0{,}01$ и отношении сигнал/шум 5; 10 и 15 дБ соответственно равна 0,32; 0,66 и 0,86.

Сравнение порогового и интервального методов показывает, что для обеспечения одинаковой вероятности правильного обнаружения при применении интервального метода требуется допустить в 5–10 раз большую вероятность ложной тревоги и обеспечить большее на 5–7 дБ отношение сигнал/шум.

Тем не менее предложенный интервальный метод обнаружения по углу эллиптичности позволяет одновременно решать задачу поляризационной селекции цели, что является важным его преимуществом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Канарейкин Д.Б., Павлов Н.Ф., Потехин В.А.* Поляризация радиолокационных сигналов. М.: Сов.радио, 1966.

2. *Справочник* по радиолокации: Пер. с англ.: В 4 т. Т. 1. Основы радиолокации. М.: Сов. радио, 1976.

ПРЕЦИЗИОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРОВ НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ КОСМИЧЕСКИХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ

В.П. Ильченко, м.н.с.; В.Ю. Лебедев, с.н.с.; В.И. Тисленко, вед. н.с.

г. Томск, ТУСУР, НИИ РТС, ilchenkovas@yandex.ru

Современные космические навигационные системы обеспечивают точность оценок координат потребителя порядка единиц метров и менее. В этой связи поддержание высоких точностных характеристик системы приводит к жестким требованиям по стабильности временных задержек сигналов при их формировании в бортовых генераторах навигационных сигналов (НС) космических навигационных спутников. В работе предложена методика оценки среднеквадратичного отклонения (СКО) случайной составляющей погрешности временной задержки НС, формируемых контрольно-проверочным генератором МРК40 [1], и приведены результаты ее измерения.

Схема измерительного комплекса представлена на рис. 1. Ее основным элементом является цифровой осциллограф (ЦО) LeCroy WaveMaster 820*Zi* [2]. Малошумяший усилитель (У) обеспечивал отношение уровней сигнала к шуму на входе АЦП ЦО не менее 20 дБ.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

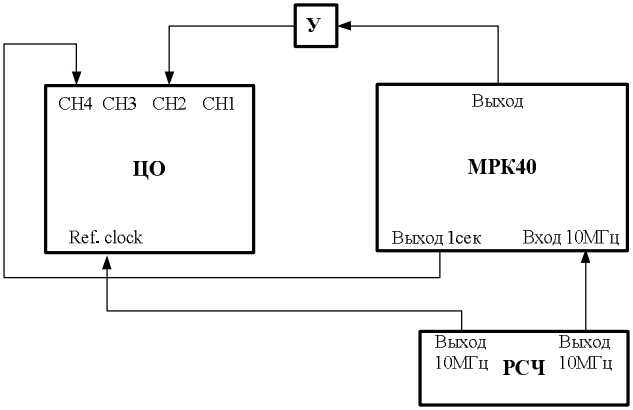


Рис. 1. Схема измерителя временных задержек навигационных сигналов

Синхронизация ЦО осуществлялась по сигналу «1 с», поступающему от МРК40, который также используется для формирования НС. Оценки временных задержек (по несущей частоте и дальномерному коду) выполнялись с использованием разработанного алгоритма [3] при обработке реализаций НС на интервале 1 мс. В качестве сигнала опорной частоты для АЦП в ЦО и МРК40 использовался сигнал «10 МГц», формируемый рубидиевым стандартом частоты.

Измерения проводились по сигналам на одной несущей частоте с дальномерным кодом средней (СТ) и высокой точности (ВТ). При этом для каждой комбинации сигналов в течение часа выполнялось 100 измерений. Структурная схема алгоритма обработки показана на рис. 2.

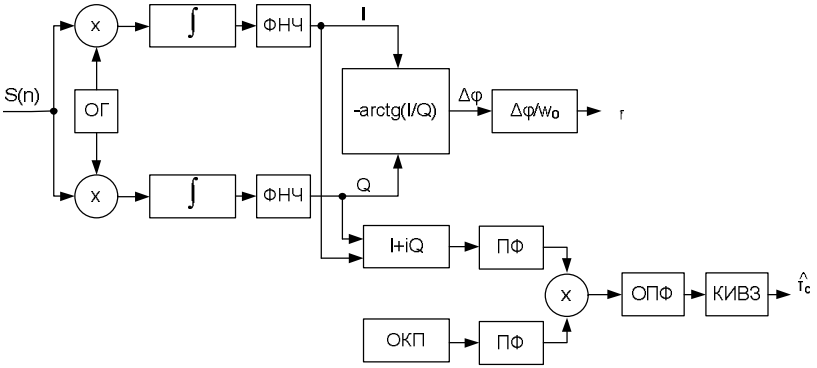


Рис. 2. Структурная схема алгоритма обработки

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 2 обозначено: S(n) – выходная последовательность АЦП; ОГ – опорный генератор, настроенный на частоту несущей; ФНЧ – фильтр нижних частот; *I*, Q – квадратурные составляющие сигнала; ОКП – опорная кодовая последовательность; ПФ – преобразование Фурье; ОПФ – обратное преобразование Фурье; КИВЗ – корреляционный измеритель времени задержки по сигналу дальномерного кода.

На рис. 3, 4 показаны последовательности оценок времени задержки по сигналу по коду СТ, ВТ (см. рис. 3) и сигналу несущей частоты (см. рис. 4).

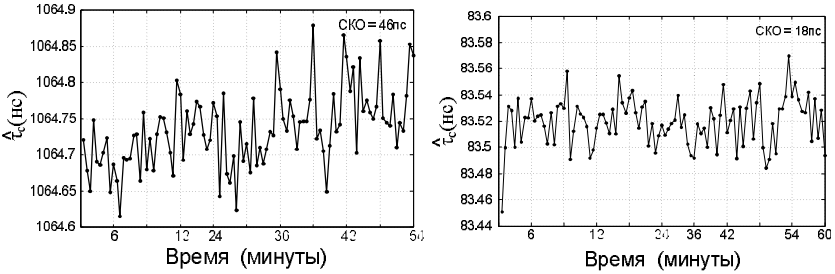


Рис. 3. Оценки времени задержки: *а* – по коду СТ; *б* – по коду ВТ

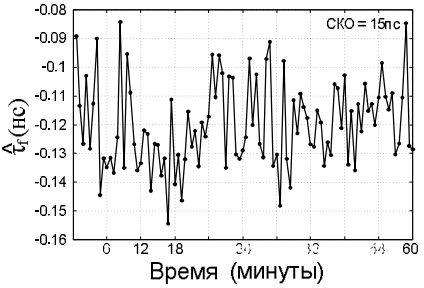


Рис. 4. Последовательность оценок времени задержки по сигналу несущей частоты

Оценка параметров вре-менного тренда на интервале обработки выполнялась по методу наименьших квадратов при линейной аппроксимации.

Результаты измерений показывают, что контрольно-проверочный генератор МРК40 имеет СКО случайной составляющей временной задержки сигналов: по несущей частоте – 15 пс; по сигналу дальномерного кода СТ – 46 пс; по сигналу дальномерного кода ВТ – 18 пс.

Видно, что СКО случайной составляющей погрешности формирования временной задержки сигнала дальномерного кода ВТ и СТ различается в 2,5 раза, что обусловлено различием ширины их частотных спектров, а также погрешностью формирования опорных кодовых последовательностей.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Контрольно-поверочная* аппаратура МРК-40. Руководство по эксплуатации УЭ2.890.022 РЭ. Отраслевой документ. 2008. 57 с.
2. *Осциллограф* LECROY WaveMaster 820*Zi* (руководство по эксплуатации). – М.: ПРИСТ, 2009. 420 с.
3. *Тиханов В.И., Кульман Н.К.* Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. М.: Сов. радио, 1975. 496 с.

МИНИ-СОДАР ДЛЯ АТМОСФЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

М.С. Храмов, Р.К. Бикбаев, Д.А. Петин, студенты, каф. РТС;
С.В. Сивухин, студент, каф. ТУ
г. Томск, ТУСУР, Miheyx@rambler.ru

Погода и климат планеты определяются различными процессами, протекающими в толще атмосферы. Для достоверного предсказания поведения атмосферы необходимо знать ее характеристики на различных высотах, в различных районах, в различные моменты времени. В последние годы наряду с совершенствованием традиционных методов измерений метеорологических величин получили большое развитие методы дистанционного зондирования атмосферы звуковыми волнами [1]. В данной работе приводится краткое описание разрабатываемого в рамках группового проектного обучения мини-содара с дальностью зондирования до 200 м. За основу взята разработка ИМКЭС СО РАН [2].

Мини-содар

Акустические локаторы – содары, в частности мини-содары, применяются для зондирования пограничного слоя атмосферы, для получения количественной и качественной информации о состоянии этого слоя. Зондирование основано на способности акустических волн рассеиваться на неоднородностях показателя преломления, образованных атмосферной турбулентностью.

Высокочастотными акустическими локаторами, или мини-содарами, называют локаторы, работающие на относительно высоких частотах, обычно выше 2,5–3 кГц [3]. За счет этого они могут использовать антенны меньших размеров. Мини-содары получили развитие в последние годы и заняли прочную нишу в исследованиях нижнего слоя атмосферы, обладая существенно меньшими габаритами, более высоким пространственно-временным разрешением и некоторыми другими дополнительными возможностями, по сравнению с обычными содарами. Использование более высоких частот зондирования приводит, в частности, к увеличению мощности обратнорассеянного сигнала более чем на 20 дБ и уменьшению уровня окружающего шума.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 1 показана антенная система мини-содара, а на рис. 2 – функциональная схема трехкомпонентного доплеровского мини-содара.

Рис. 1. Внешний вид антенной системы трехкомпонентного мини-содара

Мини-содар может работать в различных режимах. Например, в моностатическом одноканальном режиме мини-содар, на основе измерений мощности принимаемого сигнала, определяет температурную стратификацию (распределение интенсивности температурной турбулентности) вдоль трассы зондирования и на основе доплеровских измерений – профиль радиальной составляющей скорости ветра. В моностатическом трехкомпонентном (задействованы три антенны – см. рис. 1) минисодар определяет температурную стратификацию атмосферы и три компоненты (или профиль) вектора скорости ветра.

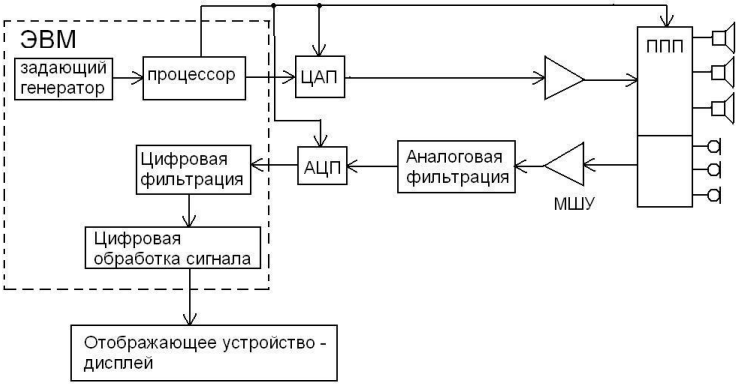


Рис. 2. Функциональная схема трехкомпонентного мини-содара

Компьютер программно формирует импульс с заполнением, который подается на усилитель мощности. С помощью электронного ком-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

мутатора – «переключателя прием – передача» и адреса, сформированным процессором, выбирается одна из излучающих пьезоэлектрических головок и начинается процесс зондирования. Прием осуществляется после срабатывания электронного реле, когда импульс с процессора, поданный на ППП, замыкает передачу сигнала на «землю». Далее осуществляется аналоговая и цифровая фильтрация принятого сигнала, вывод данных на дисплей, циклически снова происходит переключение на «передачу» и т.д.

На данном этапе мини-содар создан и находится на стадии отладки аппаратуры и программного обеспечения.

ЛИЕТРАТУРА

1. *Красненко Н.П.* Акустическое зондирование атмосферы. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1986. 167 с.

2. *Ivanov V., Yu., Krasnenko N.P., Stafeev P.G.* Minisodar for Atmospheric Investigations // Proseedings of SPIE. 2000. Vol. 4341. PP. 339–342.

3. *Иванов В.Ю., Красненко Н.П., Мананко Е.Е.* Высокочастотные акустические локаторы для исследования приземного слоя атмосферы. Физическая акустика. Распространение и дифракция волн: Сб. трудов XI сессии Российского акустического общества. Т. 1. М.: ГЕОС, 2001. С. 266–268.

СТАБИЛИЗАЦИЯ НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЫ СВЧ-КОЛЕБАНИЙ НАНОСЕКУНДНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ГАННА ТРЕХСАНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

В.Ю. Конев[1], магистрант ТГУ; А.И. Климов[2], науч. рук., доцент

г. Томск, ТГУ[1], ТПУ[2], honour@vtomske.ru

Для решения весьма насущных задач наносекундной радиолокации, например обнаружения малоразмерных объектов, большое значение приобретают характеристики, свойственные усилителям. В частности, стабильность фазы в каждом зондирующем импульсе открывает возможность когерентной обработки сигнала. В связи с этим можно увеличить дальность обнаружения объекта с малой поверхностью рассеяния.

На рис. 1 представлена схема генератора наносекундных импульсов трехсантиметрового диапазона, образованного двумя независимыми генераторами Ганна, расположенными в параллельных, электродинамически не связанных каналах.

Схема включает в себя два генератора Ганна, питающихся посредством полосковых линий от импульсного источника напряжения

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

питания, три аттенюатора, фазовращатель, двойной волноводный тройник. Суммарный СВЧ-импульс двух генераторов регистрировался детектором на основе полупроводникового диода Д608 либо термоэмиссионной лампы 6Д16Д. Сигнал с детектора поступал на цифровой осциллограф TDS5104B с рабочей полосой 1 ГГц. В качестве генераторных диодов использовались диоды серии 3А762Д.

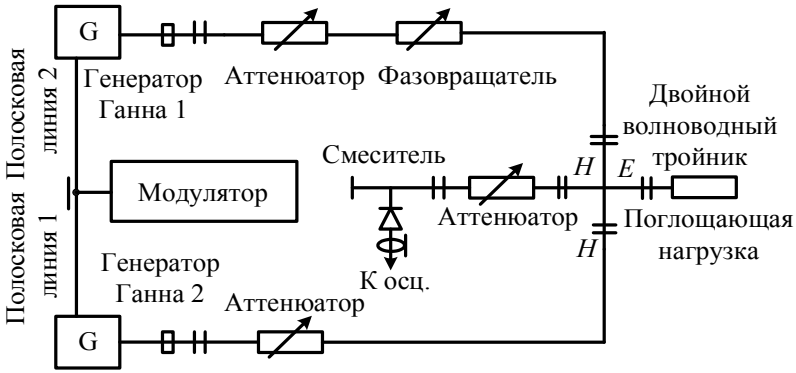


Рис. 1. Двухканальный наносекундный микроволновый генератор

Ранее [1] был обнаружен эффект стабилизации начальной фазы СВЧ-колебаний генераторов Ганна фронтом импульса питающего напряжения, дающим начальный всплеск электрического поля в резонаторе генератора. В ходе проведения исследований были разработаны 2 конструкции модулятора, формирующего электрические импульсы на диоде Ганна. Для обострения фронта формируемого импульса и увеличения скорости нарастания напряжения в одном из модуляторов была использована схема обострения, подобная описанной в работе [2], использующая дрейфовый механизм восстановления напряжения на полупроводниковом диоде. Модулятор №1, работавший без обострителя, обеспечивал амплитуду импульса напряжения на генераторных диодах ≈ 90 В, длительность импульса 10 нс и фронт 4,8 нс. Скорость нарастания напряжения до запуска диодов Ганна составляла 11,1 В/нс. Модулятор № 2, выполненный с обострителем, обеспечивал импульс с амплитудой напряжения на генераторных вставках ≈ 120 В, длительностью 12 нс и фронтом 4,8 нс. Скорость нарастания напряжения до запуска диода Ганна равнялась 24,2 В/нс.

Для измерения нестабильности фазы СВЧ-колебаний была разработана математическая модель, позволяющая определить разность начальных фаз складываемых импульсов на смесителе по известным значениям амплитуды суммарного импульса двух генераторов Ганна.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Предполагалось, что СВЧ-колебания описываются следующими законами:

$$E_1 = E_{01}\sin(\omega_1 t + \varphi_1)\,,\ E_2 = E_{02}\sin(\omega_2 t + \varphi_2)\,, \qquad (1)$$

где E_{01}, E_{02} – амплитуды колебаний; ω_1, ω_2 – частоты колебаний; φ_1, φ_2 – начальные фазы колебаний. В случае, когда среднестатистическая разность фаз складываемых импульсов равна 0, амплитуда суммарного импульса будет максимальна и равняться учетверенному значению амплитуды импульса одного генератора, т.е. $U_д^{макс} = 4U_{Ганн1,2}$, а разность фаз складываемых импульсов будет определяться выражением

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 2\arccos\sqrt{\frac{U_д}{4U_{Ганн1,2}}}\,, \qquad (2)$$

где $U_д$ – амплитуда импульса, регистрируемого осциллографом. Если же разность фаз складываемых импульсов будет равна π, тогда амплитуда суммарного импульса будет минимальна и равняться 0. При разности фаз складываемых импульсов, равной π/2, амплитуда суммарного импульса будет равняться удвоенной амплитуде импульса одного генератора Ганна, $U_д = 2U_{Ганн1,2}$. При этом разность начальных фаз складываемых СВЧ-колебаний будет вычисляться с использованием следующего соотношения:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\pi}{2} \pm \left(\frac{U_д}{2U_{Ганн1,2}} - 1\right). \qquad (3)$$

В ходе экспериментов с двухканальным генератором, изображенным на рис. 1, набиралась статистика приблизительно по тремстам импульсам, измерялась амплитуда каждого суммарного импульса и вычислялась разность начальных фаз каждой пары складываемых импульсов при помощи уравнений (2) или (3) в зависимости от выбранного режима работы генератора. Затем строилось распределение количества импульсов по разности начальных фаз. Вычислялось его среднеквадратичное отклонение σ. Эта величина была принята за количественную оценку нестабильности начальной фазы СВЧ-колебаний многоканального генератора. В экспериментах с модулятором №1 σ составила 0,22 рад, а с модулятором №2 – 0,04 рад, при систематической разности фаз складываемых импульсов, равной 0.

В результате было обнаружено, что снижение длительности фронта импульса питающего напряжения немногим более чем в 2 раза, приводит к снижению σ более чем в 5 раз.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

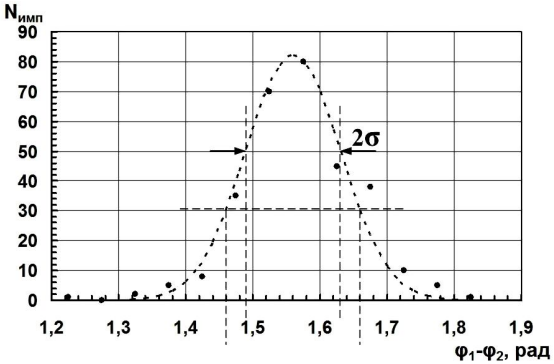


Рис. 2. Распределение СВЧ-импульсов по разности фаз относительно $\varphi_1 - \varphi_2 = \pi/2$, полученное с модулятором №2

ЛИТЕРАТУРА

1. *Введенский Ю.В., Андриянов А.В., Ермилов Э.А.* Генератор когерентных наносекундных радиоимпульсов. // ПТЭ. 1975. №1. С. 114–115.

2. *Зиенко С.И.* Формирование высоковольтных наносекундных перепадов напряжения серийными полупроводниковыми диодами с дрейфовым механизмом восстановления напряжения // ПТЭ. 1984. № 4. С. 100–102.

ПЛОТНОСТЬ ГРОЗОВЫХ РАЗРЯДОВ В СЕВЕРНОЙ АЗИИ*

А.Ф. Кривошапкина, студентка, каф. РТИТ

г. Якутск, Физико-технический институт ЯГУ, v.kozlov@ikfia.ysn.ru

Мировая сеть локализации молний (World Wide Lightning Location Network или WWLLN), организованная по инициативе американского профессора Ричарда Даудена, включает в себя в настоящее время 40 приемных пунктов регистрации сигналов молниевых разрядов, расположенных по всему земному шару [1]. Метод основан на измерении группового времени прихода волновых пакетов в ОНЧ-диапазоне частот (3–30 кГц). Один из приемных пунктов этой сети расположен на ст. Якутск, которая в настоящее время является единственным пунктом системы WWLLN в Северо-Азиатском регионе. Каждая из этих станций посылает на центральный обрабатывающий компьютер, рас-

* Работа поддержана грантами РФФИ 08-02-00348-а, 09-05-98540-р_восток_а и программами Президиума РАН 16 и АВЦП, проект № РНП 2.1.1/2555 и ФАНИ г.к.02.740.11.0248.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

положенный в Америке, точное время прибытия импульса грозового разряда (атмосферика). С помощью этой информации со всех станций с точностью до нескольких километров определяется местоположение грозовых разрядов по всей Земле. Эффективность регистрации грозовых разрядов 10%.

Основная часть. В Якутске пункт Всемирной сети месторасположения гроз был запущен в начале 2009 г., причем для пункта используется аппаратура, созданная в ИКФИА СО РАН. Это позволило впервые зарегистрировать и проанализировать распределение и динамику гроз на территории Северной Азии (60÷170° в.д. и 40÷80° с.ш.) инструментальным методом. При построении карты плотности грозовых разрядов учитывалось количество разрядов, зарегистрированных на квадратном километре за период с 1 июля по 31 августа 2009 г.

Анализ карты показал наличие двух областей с повышенной плотностью грозовых разрядов (рис. 1).

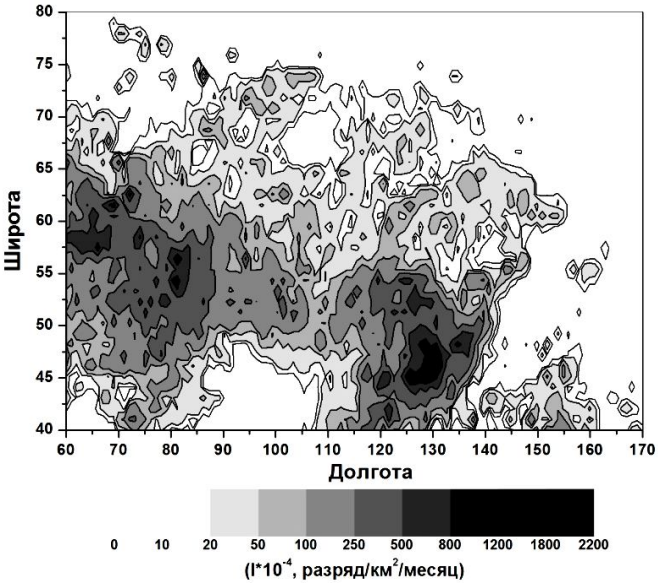


Рис. 1. Плотность грозовых разрядов за июль–август 2009 г.

Один из основных максимумов грозовой активности (в 10–100 раз выше окружающих) приходится на Западно-Сибирскую равнину (45÷65° с.ш. и 60÷87° в.д.). Второй очаг такой же мощности тянется по меридиану от южных отрогов Большого и Малого Хингана до севера Станового хребта, по параллели с запада от Большого Хингана до южных отрогов Малого Хингана и Бурецкого хребта на востоке. На вос-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

токе, и особенно на северо-востоке Азии, регистрировалась существенно меньшая грозовая активность, особенно в морях.

Анализ плотности распределения грозовых разрядов показал наличие долготного и широтного ходов. Наблюдается широтная зависимость, заключающаяся в последовательном уменьшении грозовых разрядов от низких широт к высоким. Имеется область с повышенной грозовой активностью на широтах от 44 до 62° (Западно-Сибирская равнина и Большой и Малый Хинган). Выше 62° с.ш. наблюдается плавный спад. В августе очаг исчезает на 54° с.ш., и плавный спад наблюдается до 80° с.ш.

В долготном ходе имеется две области с повышенной грозовой активностью – от 60÷88° и 114÷140° в.д. Причем в августе западный очаг исчезает, и плавный спад наблюдается до 115° в.д. Восточный очаг остается на протяжении двух месяцев. Восточнее ~145° в.д. плотность грозовых разрядов резко уменьшается, так как на этих долготах находится в основном водное пространство (Тихий океан). Если исключить эти два очага, то наблюдается плавный спад плотности грозовых разрядов с запада на восток.

Проанализировано распределение плотности разрядов в зависимости от высоты местности над уровнем моря (рис. 2). Получено, что с увеличением высоты местности от 0 до 200 м над уровнем моря наблюдается подъем, а затем происходит плавный спад грозовой активности с дальнейшим повышением местности до 3 км. На высотах 3–4 км наблюдается минимальная грозовая активность (горный рельеф).

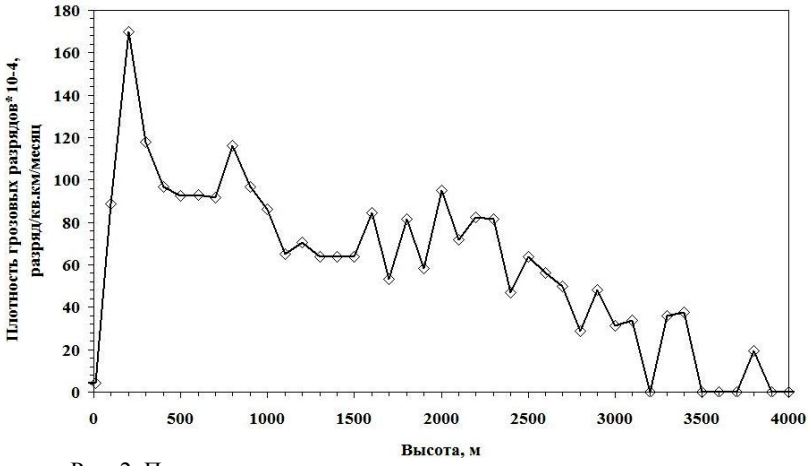


Рис. 2. Плотностью разрядов в зависимости от высоты местности над уровнем моря за июль-август 2009 г.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Следует отметить, что для высот, относительно уровня моря меньших нуля (моря и Тихий океан), также наблюдается минимальная грозовая активность.

Благодаря вводу в действие пункта Якутск в сеть WWLLN впервые инструментальным методом получено распределение плотности грозовых разрядов в Северной Азии. И хотя регистрация была лишь один сезон, получены широтная, долготная и высотная зависимости плотности распределения грозовых разрядов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Dowden R.L., Brundell J.B., Rogder C.J.* VLF lighting location by time of group arrival (TOGA) at multiple sites // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. 2002. Vol. 64, №7.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ЦУНАМИ

Е.В. Лисунов, П.П. Щербаков, Е.И. Рязанов, А.Н. Мещеряков, Е.В. Заречин

г. Владивосток, ДВГТУ

В результате внезапных смещений и разрывов в земной коре возникает природная стихия – землетрясение. Разрушительная сила землетрясений наиболее заметна в больших городах. Землетрясения принадлежат к самым разрушительным природным силам.

В ходе эксперимента по получению сигналов от землетрясений, с помощью сейсмостанций, были получены и обработаны следующие типы волн:

Волны сжатия, P-волны, или продольные волны.

Волны сдвига, S-волны, или поперечные сейсмические волны.

Поверхностные, или L-волны.

Также с помощью гидрофона была получена акустическая T-волна от Приморского землетрясения, произошедшего 24 декабря 2009 г. (рис. 1).

Параметры землетрясения:

Время – 00:23:27 GMT, координаты 42.21^{o}N, 134.79^{o} E, глубина 348 км. Расстояние до г. Владивостока – 245 км.

В наших работах теоретически и экспериментально показано, что ускоренно движущиеся массы вблизи поверхности Земли излучают не только сейсмические, упругие и электромагнитные волны, но и «гравитационные» волны [1].

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

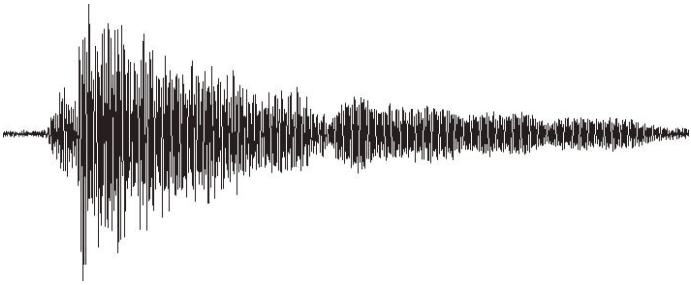


Рис. 1. Т-волна

Под «гравитационными» волнами в кавычках мы определили изменение гравитационного поля Земли, которое можно уверенно измерить стандартными гравиметрами. «Гравитационные» волны имеют скорость, значительно меньшую скорости света, и определяются плотностью гравитационных масс в источнике излучения и на трассе распространения (кора, мантия, ядро Земли) (рис. 2).

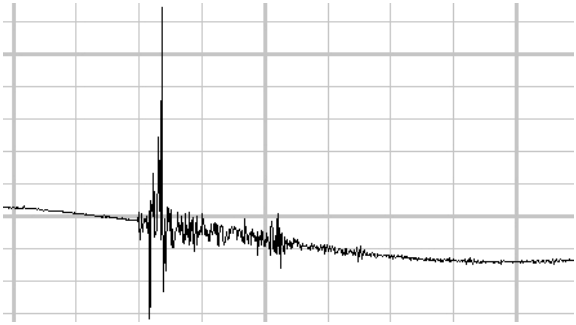


Рис. 2. «Гравитационная» волна

После регистрации «гравитационной» волны проводилось разложение в спектр по амплитуде и частоте (рис. 3). Решено использовать спектральную обработку сейсмических и «гравитационных» волн. Проводимые исследования показывают зависимость интенсивности низкочастотной составляющей «гравитационной» волны от магнитуды землетрясения, вызывающего цунами.

Для увеличения вероятности прогноза землетрясения и цунами, можно использовать комплексную обработку не только сейсмических, но и «гравитационных» волн [2].

Нами предложено проводить корреляционную обработку во временном сигнале данных типов волн с целью повышения вероятности прогноза [3].

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

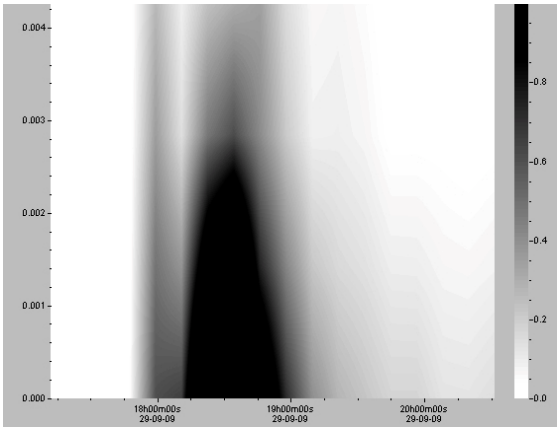


Рис. 3. Спектр «гравитационной» волны

Несмотря на большое количества мировых научных работ, посвященных прогнозу землетрясений и цунами, до настоящего времени нет способов и методов, указывающих время, координаты, магнитуду возникновения катастрофического явления с вероятностью более 0,8.

В ряде наших научных работ описаны результаты расчетов и доказано, что комплексная обработка различных физических предвестников в виде представленных сигналов позволяет увеличить вероятность прогноза до 0,8 и более [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Короченцев В.И., Короченцев В.В.* Обобщенная математическая модель движения среды в поле центральных гравитационных сил// Матер докл. Шестой Всерос симп «Физика геосфер»: Владивосток, 7–10 сент. 2009 г. Владивосток, 2009. С. 304–310.

2. *Короченцев В.И., Лисунов Е.В.* Исследование «гравитационных» волн, излучаемых землетрясениями // Фундаментальные вопросы естествознания. Владивосток: ТОВВМИ, 2009. С. 75–79.

3. Короченцев В.И. Математическая модель генерации упругих и электромагнитных волн очагом землетрясений // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2009. № 7. С. 206–215.

4. В.И. Короченцев, Е.В. Лисунов, А.П. Белаш, А.Г. Абдрашитов. К возможности применения «гравитационных» волн, излучаемых землетрясениями, для навигации судов.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗНОСТИ ПРИХОДА ГРОЗОВОГО РАЗРЯДА НА ПУНКТЫ СИСТЕМЫ ГРОЗОЛОКАЦИИ*

А.Ю. Маркова, студентка, каф. радиофизики

г. Якутск, Физико-технический институт ЯГУ, anna_1268@mail.ru

Определение местоположения молниевого разряда при регистрации грозовых разрядов с помощью многопунктовых (двухпунктовых) радиотехнических систем основано на измерении углов прихода радиоимпульса грозового разряда (атмосферика) в пункты наблюдения, рассчитанной дальности L от одного из пунктов наблюдения до грозового разряда и измерении времени прихода радиоимпульса в пункты наблюдения. Временная синхронизация регистратора, использующего АЦП USB3000, осуществляется с помощью GPS-часов типа (Trimble Thunderstorm), выдающих как секундные импульсы, так и высокостабильный синхронизованный гармонический сигнал 10 МГц, преобразованый в последовательность тактовых импульсов частотой 2,5 МГц для АЦП с внешним тактовым генератором. Поэтому возможно применение как однопунктового [1], так и триангуляционного и разностно-временного методов [2].

Угол прихода φ рассчитывается с использованием мощностей атмосфериков, принятых на ортогональные магнитные рамочные антенны, направленные на С-Ю и В-З. Время прихода радиоимпульсов в пункты наблюдения определяется путем измерения запаздывания между нулевыми переходами первого квазиполупериода принимаемых сигналов превосходящего уровень 0,1 амплитуды атмосферика относительно синхронизованных тактовых сигналов.

Для измерения времени запаздывания начала первого квазиполупериода сигнала относительно синхронизованного тактового импульса в моменты времени τ_i и τ_{i+1} для первого пункта и в момент времени τ_i^* и τ^*_{i+1} для второго пункта $\tau_{i+1}-\tau_i=\tau^*_{i+1}-\tau^*_1 = T$ измеряют с помощью АЦП напряжения квазигармонических сигналов (рис. 1). По полученным значениям соответствующих пар последовательных напряжений разной полярности U_1, U_2 и U_1^*, U_2^* – до и после нулевого перехода, определяют временной сдвиг (с учетом сдвига между моментами измерения в разных пунктах $\tau_i^* - \tau_i = \tau^*_{i+1} - \tau_{i+1} \ldots = \Delta T$):

* Работа поддержана грантами РФФИ 08-02-00348-а, 09-05-98540-р_восток_а и программами Президиума РАН 16 и ФАНИ г.к. 02.740.11.0248 и РНП 2.1.1/2555.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$\tau_i = \frac{U_1 \cdot T}{(U_1 + U_2)}; \tau_i^* = \frac{U_1^* \cdot T}{(U_1^* + U_2^*)}; \quad (1)$$

$$\tau = \tau_1^* - \tau_1 + \Delta T + mT,$$

где $m^* = 0, 1, 2 \ldots$ – число полных интервалов T между началами интервалов в разных пунктах, в которых происходят переходы через ноль напряжений сигналов [3]. Преобразуем формулу (1):

$$\tau = \frac{U_1 \cdot T}{U_0 \cdot \sin(\omega \cdot T)}.$$

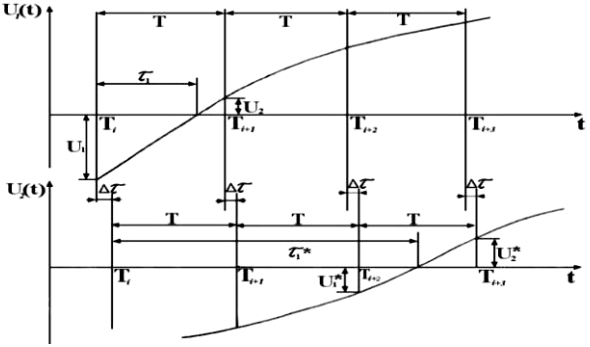


Рис. 1. Определение временного сдвига между нулевыми переходами принимаемого сигнала

Находим абсолютную погрешность определения времени задержки в зависимости от амплитуды принимаемого атмосферика:

$$\Delta\tau = \frac{T\Delta U}{U_0 \sin(2\pi f)} + \frac{U_1}{U_0} \cdot \sec(2\pi f)\left(1 - \omega T \operatorname{ctg}(2\pi f)\right)\Delta T. \quad (2)$$

Пренебрегаем вторым членом в уравнении (2), потому что верхняя оценка величины $\Delta T \approx 4$ нс, что значительно меньше точности синхронизации 20–100 нс. Средняя частота принимаемых квазиполупериодов сигналов атмосфериков, образованных разрядами «облако–земля», составляет 5–15 кГц. Амплитуда сигналов меняется пропорционально расстоянию до грозового разряда и задается необходимым диапазоном расстояний (80), например 25–3000 км.

Описанная методика и полученные оценки точности используются при разработке алгоритма определения местоположения грозового разряда. В результате анализа погрешностей трех методов определения координат в зависимости от углов и времени прихода атмосфериков в пункты регистрации построены рабочие зоны. Пример рабочей зоны двухпунктовой системы приведен на рис. 2.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

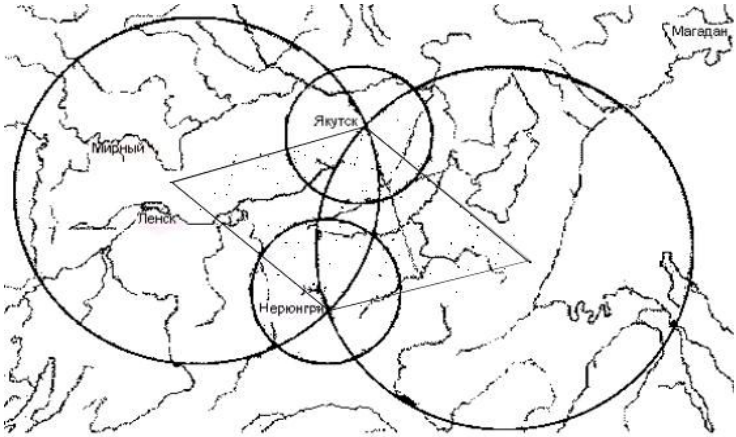


Рис. 2. Рабочая зона ($\Delta L < 0{,}1l$) двухпунктовой системы Якутск–Нерюнгри. Большой круг – зона триангуляционного метода, малый – однопунктного и ромб – разностно-временного

Проведенный анализ точности определения разности прихода грозового разряда при использовании 14-разрядного АЦП с частотой дискретизации 2,5 МГц показал, что точность ухудшается с уменьшением амплитуды и уменьшением частоты квазиполупериода атмосферика. При амплитуде, соответствующей полному диапазону АЦП, точность достигает десятков наносекунд и экспоненциально падает до значений 50 нс при 15 кГц и 150 нс при 5 кГц, при амплитуде, соответствующей 0,0125 диапазона АЦП. Крайние оценки описанной методики определения времени прихода атмосферика соответствуют точности синхронизации и ухудшают ее в результате в 1,4 раза.

Алгоритм определения местоположения грозового разряда: если отсчитывать углы от линии, соединяющей два пункта регистрации, то в пределах от 0 до π, при значениях обоих углов менее 1 рад, нужно пользоваться разностно-временным методом; при значениях обоих углов в пределах $1 < \varphi < 2{,}3$ рад – триангуляционным, а при больших углах, вплоть до π, работает только однопунктовый метод.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Козлов В.И., Муллаяров В.А.* Грозовая активность в Якутии. Якутск, СО РАН, 2004. 103 с.

2. *Козлов В.И., Муллаяров В.А., Каримов Р.Р.* Инструментальные наблюдения гроз в Якутии в 2003–2006 годах // Известия вузов. Радиофизика. 2008. Т. 51, №10. С. 825–829. (

3. *Козлов В.И., Орлов В.А.* Способ измерения фазового сдвига: Авторское свидетельство № 1135303. 1984.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПИРАЛЬНЫХ АНТЕНН ДЛЯ ПРИЕМА СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ GPS / ГЛОНАСС / GALILEO

И.Л. Михеев, студент
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР

В современном мире навигационное оборудование используется повсеместно, начиная с портативных навигаторов, заканчивая автомобильными трекерами. Данные устройства представляют собой приемники сигналов навигационных спутников. Одним из важных элементов приемника является антенна.

Целью работы является разработка совмещенной GPS / ГЛОНАСС / Galileo антенны для навигационных приемников. Проведем сравнительный анализ основных конструкций антенн, которые применяются в навигации и радиосвязи. Наибольшее распространение получили микрополосковые и спиральные антенны.

Рассмотрим достоинства и недостатки различных конструкций антенн.

Типовые характеристики антенны (для рабочего диапазона частот 1570–1610 МГц):

1) обеспечение работы в тракте с волновым сопротивлением 50 Ом;

2) коэффициент стоячей волны (КСВ) не более 2;

3) коэффициент эллиптичности антенны в зените не менее 3,5.

В антенне может быть установлен предварительный усилитель. Он нужен для усиления сигнала до такого уровня, чтобы при передаче по кабелю до входа в радиочастотную часть приёмника сигнал был достаточно мощным. Предварительный усилитель обеспечивает в рабочем диапазоне частот коэффициент усиления $K_р \sim 30–40$ дБ и коэффициент шума $K_ш \sim 2,5$.

Фактический геометрический размер как микрополосковой, так и спиральной антенн зависит от диэлектрика, который заполняет место между активными частями антенны. Использование в антенне материалов с большой диэлктрической проницаемостью позволяет уменьшить ее габаритные размеры. Чем меньше размеры антенны, тем требуется большая точность для ее изготовления. Кроме того, меньшая антенна имеет меньшую апертуру, получает меньшую энергию сигнала от спутника, что приводит к более низкому коэффициенту усиления.

В большинстве случаев используется простая в изготовлении микрополосковая антенна, обладающая малой массой и габаритными размерами. Микрополосковая антенна состоит из двух параллельных проводящих слоёв, разделённых диэлектриком. Нижний проводящий слой является заземлённой плоскостью, а верхний – излучателем ан-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

тенны. По форме излучатель может быть прямоугольником, эллипсоидом, пятиугольником и так далее, но чаще всего используются антенны прямоугольной формы (рис. 1).

Основными достоинствами таких антенн являются малые габариты и относительная простота реализации [1].

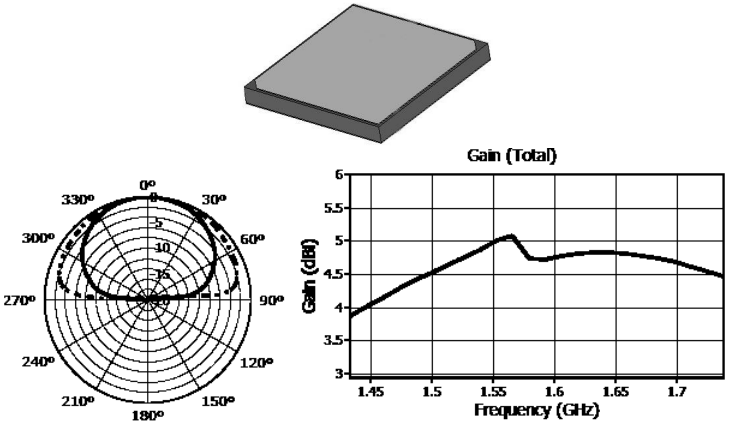


Рис. 1. Микрополосковая антенна и ее диаграмма направленности, где
——— – диаграмма направленности в свободном пространстве;
--- – диаграмма направленности на металлизированной поверхности

Недостатком микрополосковой антенны является необходимость горизонтальной ориентации антенны излучающей поверхностью вверх. Это обусловлено тем, что такая антенна имеет достаточно узкую диаграмму направленности. Также плоские антенны требуют заземленного основания для работы, что может усложнить конструкцию всего устройства.

Микрополосковые антенны целесообразно применять в стационарных навигационных устройствах и устройствах радиосвязи, где антенна зафиксирована в положении с наиболее уверенным приемом.

Другая конструктивная реализация – спиральная антенна, показанная на рис. 2.

Замедляющие свойства спиральных структур позволяют уменьшить длину резонансной антенны в десятки раз, не изменяя ее электрические габариты. Вот почему выбор часто падает именно на спиральный монополь. Правда, при этом приходится мириться с определенными потерями (в том числе со снижением коэффициента полезного действия на 5–10%), но эти потери компенсирует комфорт в эксплуатации.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

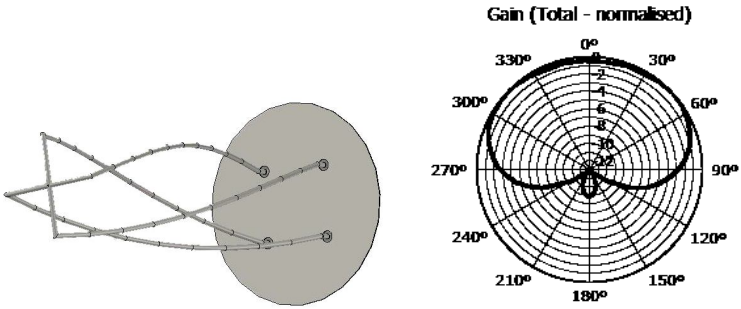


Рис. 2. Спиральная антенна и ее диаграмма направленности

Применение спиральной антенны позволило во многом решить проблему обеспечения устойчивой связи при произвольной ориентации антенны в пространстве. В отличие от прямолинейного вибратора или микрополосковой антенны, в спиральной антенне можно добиться чувствительности к электромагнитным волнам эллиптичной и круговой поляризаций [2]. Следовательно, такая антенна может принимать сигналы при произвольном угле наклона плоскости поляризации в пределах своей диаграммы направленности (ДН).

Спиральные антенны могут использоваться с заземлённым основанием или без него.

Моделирование антенн проводилось в средах Microwave CST Studio Suite 2009 и Ansoft HFSS 12 [3,4].

В результате работы были смоделированы антенны нескольких различных конструкций и исследованы их характеристики. Коэффициент усиления микрополосковой антенны составляет 3,61 дБ, а спиральной антенны – 3,46 дБ. Диаграмма направленности спиральной антенны значительно шире по сравнению с диаграммой направленности микрополосковой антенны. По результатам моделирования можно сделать вывод о том, что для приема сигналов спутниковой навигации для различных типов приемников можно использовать обе конструкции антенн. Использование спиральных антенн целесообразно в портативных навигаторах, так как такой тип антенн не требует определенной ориентации в пространстве, а плоских микрополосковых антенн – в стационарных навигационных устройствах и средствах радиосвязи.

ЛИТЕРАТУРА

1.*Глобальная* спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС/ Под ред. В.Н. Харисова, А.Ф. Перова, В.А. Болдина. М.: ИПРЖР, 1998.

2.*Wheeler H.A.* Helical Antenna for Circular Polarization, Proceedings of the IRE. Dec. 1947.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

3. *Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А.* Проектирование СВЧ-устройств с помощью Microwave Office. М.: Солон-Пресс, 2003.

4. *Банков С.Е., Курушин А.А., Разевиг В.Д.* Анализ и оптимизация трехмерных СВЧ-структур с помощью HFSS. М.: Солон-Пресс. 2005.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ GPS-КОМПАСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GPS-ПРИЕМНИКОВ

М.В. Миронов, магистрант; В.А. Громов, аспирант;
Е.П. Ворошилин, ст. преп.
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, mironov.mikhail.v@gmail.com, grom_v_a@ms.tusur.ru, nvi@sibmail.com

Постановка задачи. Современные системы навигации речных судов используют радиолокационный метод для определения местоположения корабля в русле реки. Формируемое такими системами радиолокационное изображение должно быть правильно ориентировано в пространстве, чтобы была возможность совместить его и географическую карту. Для решения этой задачи применяют GPS-компасы. Многие фирмы предлагают такие компасы, которые используют разнесенные в пространстве GPS-приемники. Стоимость подобных систем достигает нескольких тысяч долларов [1–3]. Зная точные координаты точек расположения каждого из приемников, легко вычислить направление на север по следующим формулам:

$$U1 = \arctan((1-0{,}0033528107)\cdot\tan(lat1)),$$

$$U2 = \arctan((1-0{,}0033528107)\cdot\tan(lat2)),$$

$$L = lon2 - lon1,$$

$$azimut = 2\bullet\pi - \arctan 2(\cos U2\cdot\sin L, \cos U1\cdot\sin U2 - \sin U1\cdot\cos U2\cdot\cos L),$$

где $lat1$, $lon1$ и $lat2$, $lon2$ – широта и долгота первой и второй точек соответственно.

Нами было проведено исследование возможности использования недорогих общедоступных приемников для создания GPS-компаса. Недорогие приемники GPS, предназначенные для гражданского использования, определяют координаты со среднеквадратическим отклонением (СКО) порядка 8–10 м. Следовательно, и оценка направления на север также будет определена с некоторой погрешностью. Для вычисления этой погрешности нами было проведено моделирование в пакете Matlab, а также проведен эксперимент с использованием двух GPS-приемников.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Результаты работы. Моделирование работы компаса проводилось нами для различных условий. Размеры базы изменялись в диапазоне 1–50 м с шагом 1 м, СКО оценки координат – в диапазоне 0–10 м с шагом 20 см. Точность оценки направления на север вычислялась при каждом размере базы для всех значений СКО оценки координат по ста реализациям. Полученные результаты приведены на рис. 1 и 2, причем СКО оценки направления на север ограничено 3 град. Из рис. 1, 2 следует, что для обеспечения СКО оценки направления на север, равного 3 град, необходимо использовать приемники, кото-рые обеспечивают СКО оценки координат 1 м, при размерах базы 50 м.

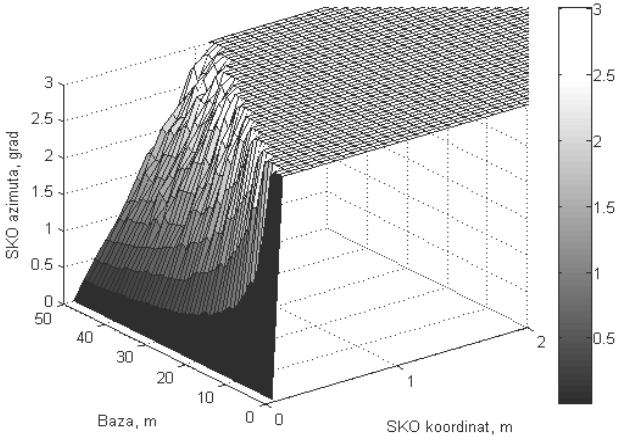


Рис. 1

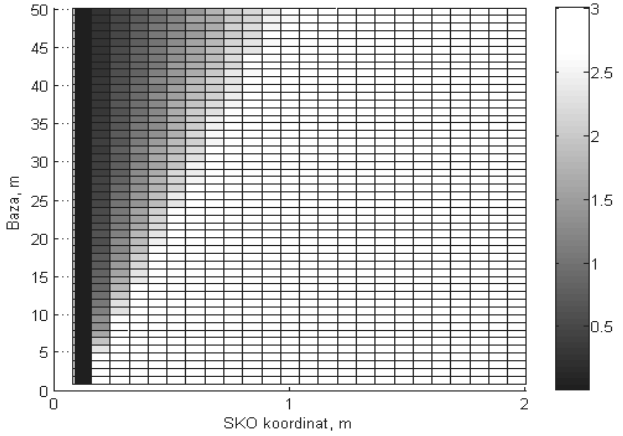


Рис. 2

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Проведен эксперимент с использованием GPS-приемников Trimble Resolution T, обеспечивающих СКО оценки координат 9 м [4]. При проведении эксперимента СКО оценки координат составило 6,5 м для первого приемника и 5,1 м для второго приемника в установившемся режиме. На рис. 3 приведена экспериментальная зависимость оценки направления на север от времени измерения. Оценка направления на север в установившемся режиме составила минус 38 град при реальном направлении 0 град, таким образом, погрешность определения направления составляет 38 град.

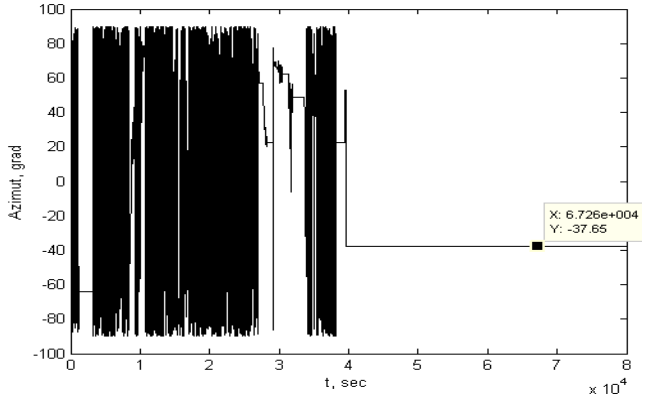


Рис. 3. Экспериментальная зависимость оценки направления на север от времени

Анализ полученных результатов. Из результатов моделирования и эксперимента следует, что для обеспечения необходимой точности оценки направления на север требуется использовать высокоточные GPS-приемники или приемники, работающие в дифференциальном режиме. Дифференциальный режим позволяет определить координаты одной точки относительно второй с погрешностью в несколько десятков сантиметров, что позволит оценить направление на север с точностью 1 град. Альтернативой дорогим системам является использование магнитного компаса, построенного на двух датчиках Холла. В настоящее время рассматривается возможность построения и использования такого компаса.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.jrc-russia.ru/jlr10t.html
2. http://www.furuno.com.ru/russian/oborudovanie/catalog/leisure-boats-2/navigation-4/compass-2/sc-50-3/
3. http://www.radiocomplex.ru/catalog/?sid=2B40EFD499EE4E088FB 4D22A1474B111&iid=AB7084C6CBFF4B6BA5C96FD73A211706
4. http://www.trimble.com/timing/resolution-t.aspx?dtID=support

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

МНОГОПОЗИЦИОННАЯ ПАССИВНАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА НАЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

М.В. Миронов, магистрант; Е.П. Ворошилин, к.т.н., ст. препод.;
Г.С. Шарыгин, д.т.н., зав. каф. РТС
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, mironov.mikhail.v@gmail.com

Для мониторинга радиоизлучений характерна следующая задача: необходимо по радиоизлучению источника (например, радиолокатора, спутникового телефона, источника помех и т.д.) определить его координаты. В настоящий момент для решения этой задачи распространение получили пассивные многопозиционные системы, так называемые многопозиционные радиолокационные станции (МПРЛС).

Определим МПРЛС [1] как радиолокационную систему, включающую несколько разнесенных в пространстве передающих, приемных или приемопередающих позиций. Информация о целях, получаемая такой системой, обрабатывается совместно.

Одним из возможных мест расположения приемной аппаратуры является борт малого космического аппарата (МКА). Так как по определению МПРЛС-система должна состоять из нескольких разнесенных приемных позиций, то необходимо использование группировки низкоорбитальных МКА, нескольких вычислительных спутников, одного главного большого спутника и наземного центра обработки полученной информации.

После рассмотрения существующих методов определения координат было принято решение о построении разностно-дальномерной системы с корреляционной обработкой сигналов. Разностно-дальномерный метод основывается на измерении разности дальностей от объекта до нескольких МКА. Для определения координат объекта необходимо определить три разности дальностей $\Delta R'_{ij} = R'_i - R'_j$, вычисленные для четырех спутников.

Для вычисления разности дальностей можно использовать базово-корреляционный метод, при этом не требуется непосредственно по отраженному сигналу определять дальность до цели. Определение координат источника осуществляется по разности прихода сигналов на каждый из спутников, а сама разность прихода определяется из положения максимума взаимно-корреляционной функции сигналов.

Последовательность действий, описывающая алгоритм определения координат разностно-дальномерным методом, приведена ниже.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

1) По заданным координатам МКА x_i, y_i, z_i и начальным приближениям к оценке координат источника сигнала (ИС) $\hat{x}_{И(0)}$, $\hat{y}_{И(0)}$, $\hat{z}_{И(0)}$ вычисляем расстояние между *i*-м МКА и ИС по формуле [2]

$$R_i = \sqrt{\left[(x_i - \hat{x}_{И(0)})^2 + (y_i - \hat{y}_{И(0)})^2 + (z_i - \hat{z}_{И(0)})^2\right]}, \quad i = 1...L,$$

где x_i, y_i, z_i – координаты *i*-го МКА; $\hat{x}_{И(0)}$, $\hat{y}_{И(0)}$, $\hat{z}_{И(0)}$ – начальные приближения к координатам ИС.

2) Рассчитывается вектор невязок *C* на *s*-й итерации [2]:

$$C_{i(s)} = R_{i(s-1)} - R_{s-1} - (T_i - T)c, \quad i = 1...L,$$

где $R_{i(s-1)}$, R_{s-1} – расстояния от *i*-и 0-го МКА до точки с координатами $\hat{x}_{И(S-1)}$, $\hat{y}_{И(S-1)}$, $\hat{z}_{И(S-1)}$, вычисленными на (s–1)-итерации; $T_i - T$ – разность моментов регистрации характерной точки сигнала на *i*- и 0-м МКА, полученная с использованием алгоритма корреляционной обработки; *c* – скорость распространения радиоволн.

3) Рассчитывается матрица частных производных A_s с учетом оценок координат $\hat{x}_{И(S-1)}$, $\hat{y}_{И(S-1)}$, $\hat{z}_{И(S-1)}$, вычисленных на предыдущем шаге [2]:

$$A_{i1(x)} = \frac{\partial \Delta R_i(x_S, y_S, z_S)}{\partial x_S}, \quad A_{i2(x)} = \frac{\partial \Delta R_i(x_S, y_S, z_S)}{\partial y_S},$$

$$A_{i3(x)} = \frac{\partial \Delta R_i(x_S, y_S, z_S)}{\partial z_S},$$

где *i* – номер МКА.

4) Вычисляются поправки ξ_s на *s*-м шаге по результатам расчетов на (s–1)-м шаге:

$$\xi_S = \left((A_{s-1})^T R A_{s-1}\right)^{-1} (A_{s-1})^T RC \cdot$$

5) Рассчитываются уточненные значения координат источника сигнала:

$$\hat{\alpha}_s = \left[\hat{x}_{И(S)}, \hat{y}_{И(S)}\right] = \left[\hat{x}_{И(S-1)}, \hat{y}_{И(S-1)}\right] + \xi_s, \quad s = 1, 2...K.$$

6) Сравнивается максимальное значение в векторе ξ_s с заданным пороговым уровнем. Если поправка оказывается меньше порога, то осуществляется выход из цикла расчета координат, а за итоговую оценку координат принимается $\hat{\alpha}_s$. Иначе счетчик итераций *s* увеличивается на единицу и осуществляется переход к пункту 1.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Видится следующий вариант функционирования системы: главный спутник принимает сигналы излучающих объектов, производит селекцию сигналов и настройку малых спутников системы на прием нужного сигнала (с помощью передачи целеуказаний), каждый малый спутник принимает нужный сигнал и передает его на борт вычислительного спутника для обработки. Обработка сигналов на вычислительном спутнике заключается в попарном вычислении взаимных корреляционных функций принятых сигналов и определении временных сдвигов. Передача сигналов с МКА на борт вычислительного спутника происходит в режиме реального времени, т.к. это позволит упростить бортовую аппаратуру МКА: отпадает необходимость оцифровки и хранения сигнала в бортовой памяти. Затем с борта вычислительного спутника в наземный центр обработки передается следующая информация: вычисленные временные сдвиги, координаты и номер каждого МКА в системе. В наземном центре обработки происходит вычисление координат объекта методом, описанным выше. Передача информации с вычислительного спутника на Землю будет происходить в пакетном режиме, т.к. передачу можно будет вести в узкой полосе и низкой скорости.

Выбран способ построения системы мониторинга наземных объектов и предложен алгоритм расчета координат. Разработана функциональная и структурная схемы системы и структурные схемы некоторых блоков системы. Предложена методика энергетического расчета радиолинии «источник излучения – борт КА» для оценки возможности приема и обработки сигналов. В настоящее время ведется моделирование процессов обработки сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кондратьев В.С., Котов А.Ф., Марков Л.Н.* Многопозиционные радиотехнические системы.

2. *Черняк В.С.* Многопозиционная радиолокация. М.: Радио и связь, 1993. 416 с.

МЕТОД «ВРАЩАЮЩЕГОСЯ» ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ

А.В. Новиков, м.н.с.

г. Томск, ТУСУР, НИИ РТС, anovikov@ms.tusur.ru

В данной работе исследуется вопрос применимости метода «вращающегося» параболического уравнения к решению задачи определения зон радиовидимости в условиях распространения СВЧ-радиоволн

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

над неровной земной поверхностью. Рассматривается скалярное двумерное стандартное параболическое уравнение. Методика решения поставленной задачи основана на численном решении этого уравнения по стандартной схеме Кранка–Николсона с применением поправки (фазовой коррекции) к вектору поля, вызванной наличием неровностей земной поверхности. Получены адекватные результаты расчета множителя ослабления в области полутени (ошибка ±2 дБ) при распространении радиоволны над поверхностью в виде 2D-треугольного холма.

При расчете зон радиовидимости широкое распространение получил метод параболического уравнения [1, 2]. Параболическое волновое уравнение является малоугловым коротковолновым приближением к уравнению Гельмгольца. Это означает, что его решение совпадает с уравнением Гельмгольца в области малых углов (не более 10–15 град) по отношению к основному направлению распространения радиоволны. Однородное трехмерное параболическое уравнение имеет вид

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{i}{2k}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right), \qquad (1)$$

где $u(x,y,z) = E(x,y,z)\exp(-ikx)$ – комплексная амплитуда «главной» (распространяющейся вдоль оси OX) плоской волны; $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число; λ – длина волны; $i = \sqrt{-1}$.

При отсутствии границ и неоднородностей атмосферы, численное решение уравнения (1) имеет смысл, в основном, лишь для расчета погрешности выбранной численной схемы, т.к. в этом случае известно аналитическое решение, которое можно получить методом непрерывного преобразования Фурье, задав источник поля, например, в виде дельта-функции. Нас интересует, прежде всего, наличие неровностей земной поверхности, поэтому численные методы решения приобретают первостепенную роль.

Нами в настоящее время программно реализован алгоритм расчета поля в трехмерном пространстве по схеме Кранка–Николсона. Неровности земной поверхности учитываются при помощи ее кусочно-линейной аппроксимации. Метод учета земной поверхности можно по [3] назвать методом «вращающегося» параболического уравнения («rotating» parabolic equation). Он основан на преобразовании системы координат, которое заключается в повороте на угол, соответствующий углу наклона земной поверхности на текущем шаге расчета. При таком преобразовании системы координат в первом приближении происходит линейный сдвиг углового спектра поля на текущем шаге по дальности. Сдвигу спектра соответствует умножение отсчетов поля на со-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ответствующий фазовый множитель, поэтому для учета неровности земной поверхности в виде наклона необходима простая фазовая коррекция поля. После используется обычный алгоритм решения над ровной поверхностью, а затем делается обратная коррекция (пересчет поля к старой системе координат). Поскольку процедура решения трехмерного параболического уравнения сводится к процедуре решения двумерного (факторизация), то преобразование системы координат делается для плоскости, что упрощает расчеты. Возможность факторизации основана на скалярности и однородности исходного уравнения.

В работе [4] поле рассчитывается методом Фурье с расщеплением шага, адаптированным к неровной земной поверхности посредством перехода к криволинейной системе координат. В ней для расчета были выбраны следующие параметры: точечный всенаправленный источник, расположенный на высоте 100 м над хорошо проводящей поверхностью, излучал волну с горизонтальной поляризацией и частотой 1 ГГц; дальность – 15 км; максимальная высота расчета – 615 м; шаг по дальности – 200 м, по высоте – 0,3 м; высота треугольного холма – 200 м, а X-координата его вершины – 10 км, угол при основании – 27°. Нами были выбраны следующие параметры: число отсчетов по высоте – 8937, по дальности – 356519; шаг по высоте – 0,067 м, по дальности – 0,042 м; дальность – 15 км; высота расчета – 600 м; тип диаграммы направленности (ДН) – гауссовская, полушириной 10°; длина волны – 30 см; высота центра источника над поверхностью – 100 м. Время расчета на ЭВМ (Mobile AMD Turion 64, 2200 MHz, 512K L2-cache, DDR2-667 512MB) составило 11,5 мин. Геометрия трассы распространения показана на рис. 1, а результаты расчетов приведены на рис. 2.

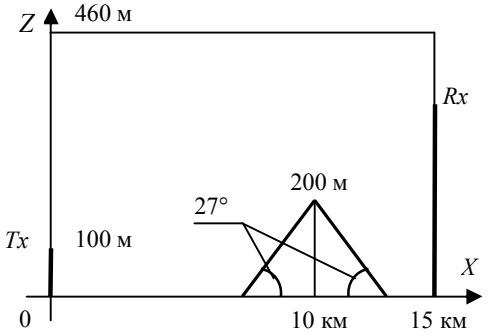


Рис. 1. Геометрия трассы распространения.
Tx – передатчик; Rx – приемник

Из рис. 2 видно смещение по высоте на 20 м одного графика относительно другого (определяется по максимумам и минимумам). Это вызвано, по-видимому, большим углом наклона земной поверхности (27°). Хотя для выяснения этого факта необходимо получить аналитическое решение поставленной задачи для источника с гауссовой диаграммой направленности, что нами пока не сделано (ни самостоятельно, ни из доступной литературы). Проведенный нами численный

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

сравнительный расчет для плоской поверхности и треугольного холма (по схеме Кранка-Николсона) показал одинаковый период интерференционных максимумов и минимумов, совпадающий с теоретическим значением $\lambda D/(2H_s) = 0{,}3 \cdot 15000/(2 \cdot 100) = 22{,}5$ м, и одинаковое их положение (смещение).

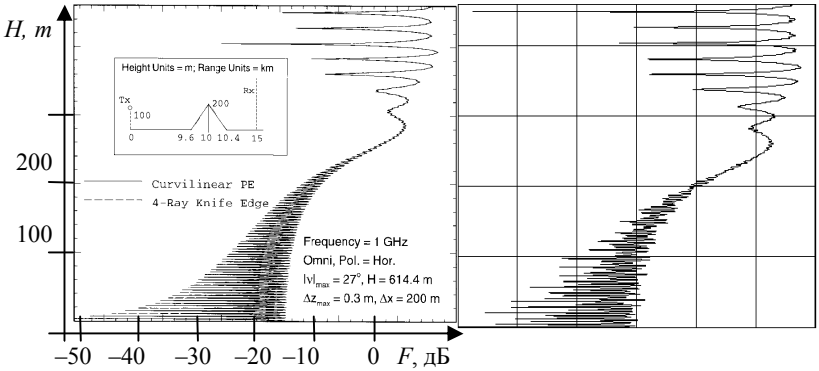


Рис. 2. Высотная зависимость множителя ослабления для дальности 15 км и земной поверхности в виде треугольного холма: слева – методом Фурье с расщеплением шага (сканировано из [4]); справа – конечно-разностным методом (схема Кранка–Николсона) (разметка осей для графика справа соответствует разметке слева)

В данной работе получены адекватные результаты численного расчета множителя ослабления **в области полутени** (ошибка ±2 дБ) на трассе в виде 2D-треугольного холма. Это говорит о применимости использования разработанного метода для расчета зон радиовидимости над неровной земной поверхностью. Дальнейшее совершенствование данного метода связано с учетом реального коэффициента отражения земной поверхности и увеличением точности схемы Кранка–Николсона.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И.* Введение в статистическую радиофизику. Ч. 2. Случайные поля. М.: Наука, 1978. 464 с.

2. *Mireille Levy.* Parabolic equation methods for electromagnetic wave propagation. The Institution of Electrical Engineers. London: United Kingdom, 2000. 336 p.

3. *Zaporozhets Andrew A., Levy M.F.* Bistatic RCS Calculations with the Vector Parabolic Equation Method // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1994. Vol. 47, № 11. P. 1688–1696.

4. *Janaswamy R.A.* Curvilinear Coordinate-Based Split-Step Parabolic Equation Method for Propagation Predictions over Terrain // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1998. Vol. 46, № 7. P. 1089–1097.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВУХПОЗИЦИОННОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛОВ GPS

П.В. Полюхович, студент 6-го курса;
А.А. Мещеряков, ст. науч. сотр.
г. Томск, ТУСУР, polpv@sibmail.com

При приеме сигналов спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS приходится учитывать мешающее воздействие различных переизлучающих объектов, расположенных на земной поверхности вблизи приемных устройств [1]. Однако переизлученные сигналы могут быть использованы для создания двухпозиционных радиолокационных систем мониторинга земной поверхности, в том числе систем, реализующих принципы радиоголографии [2].

Уровень переизлученных сигналов определяется величиной двухпозиционной эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) элемента разрешения РЛС, размеры которого зависят от ширины диаграммы направленности приемной антенны, расстояния от аппаратуры потребителя до исследуемого участка земной поверхности и длительности сигнала или временного строба, используемого при обработке.

Для решения вопроса о практической возможности создания двухпозиционного радиолокатора необходимо произвести энергетический расчет с определением требуемой величины ЭПР и сравнить эту величину с реальными значениями ЭПР, полученными экспериментальным путем или с помощью математического моделирования.

Настоящая стаья посвящена решению первой части поставленной задачи. Расчет проведен для сигналов американской системы глобального позиционирования GPS (Global Positioning System) NAVSTAR.

Навигационные космические аппараты (НКА) данной системы излучают сигналы двух частот: L_1 = 1575,42 МГц и L_2 = 1227,6 МГц. Мощность спутникового передатчика составляет $P_и$ = 60 Вт, коэффициент усиления передающей антенны $G_и \simeq 13{,}5$ дБ в интервале углов $\pm 13^o$ [3]. Для передачи навигационных сообщений применяются два кода: открытый C/A (clear acqu*isit*ion) и закрытый P (protected). В таблице приведены значения мощности принимаемого GPS-сигнала, если в наземном пункте используется приемник с антенной круговой поляризации, имеющей коэффициент усиления 0 дБ, а угол места НКА составляет 5° [4], т.е. условия приема наихудшие.

Энергетический расчет произведен в предположении, что для двухпозиционного радиолокатора используется симметричная приемная параболическая антенна диаметром d = 1,2 м, в фокусе которой в

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

качестве облучателя используется штатная ненаправленная GPS-антенна приемника Ashtech Z-12. Реальная чувствительность приемника принята равной величинам, указанным в таблице.

Мощность принимаемого сигнала, дБ/Вт

Канал	P-код	C/A-код
L_1	–163,0	–160,0
L_2	–166,0	

При вычислениях не учитывается дополнительное затухание сигнала при распространении в неоднородной атмосфере, а также ослабление из-за разности поляризации приемной и передающей антенн.

Плотность потока мощности сигнала GPS в месте расположения переизлучающего объекта на расстоянии $R_1 = 20{,}2 \cdot 10^6$ м от НКА

$$\Pi_1 = \frac{P_{\text{и}}\, G_{\text{и}}}{4\pi {R_1}^2}. \qquad (1)$$

Мощность сигнала, переизлученного объектом (участком земной поверхности) с двухпозиционной ЭПР $\sigma_{\text{э}}$, равна

$$P_{\text{отр}} = \Pi_1 \sigma_{\text{э}}. \qquad (2)$$

Плотность потока мощности у приемника на расстоянии R_2 от переизлучающего объекта:

$$\Pi_2 = \frac{P_{\text{отр}}}{4\pi {R_2}^2}. \qquad (3)$$

Мощность принимаемого сигнала

$$P_{\text{пр}} = \Pi_2 S_{\text{A}}, \qquad (4)$$

где $S_{\text{A}} = k_{\text{и}} S = k_{\text{и}} \dfrac{\pi d^2}{4}$ – эффективная приемная площадь антенны; $k_{\text{и}} = 0{,}7$ – коэффициент использования площади антенны.

Из (1)–(4) следует формула для мощности принимаемого сигнала:

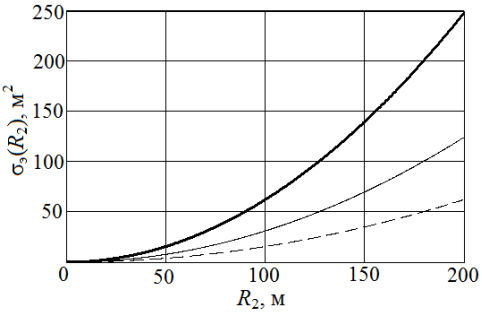
$$P_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{и}}\, G_{\text{и}} \sigma_{\text{э}} d^2}{64\pi {R_1}^2 {R_2}^2} k_{\text{и}}.$$

Представив последнее выражение как функцию $\sigma_{\text{э}}(R_2)$ и приравняв $P_{\text{пр}}$ к реальной чувствительности приемника $P_{\text{пр min}}$, получим искомое выражение для требуемой ЭПР объекта зондирования:

$$\sigma_{\text{э}}(R_2) = \frac{64\pi {R_1}^2 P_{\text{пр min}}}{P_{\text{и}}\, G_{\text{и}} d^2 k_{\text{и}}} {R_2}^2.$$

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Графики $\sigma_э(R_2)$ представлены на рисунке. Жирной линией показана зависимость $\sigma_э(R_2)$ при приеме сигнала С/А-кода на частоте L_1, тонкой сплошной линий – при приеме сигнала Р-кода на частоте L_1, пунктирной линией – при приеме сигнала на частоте L_2.



Требуемая ЭПР объекта зондирования

С ростом расстояния между объектом переизлучения и приемником необходимая величина ЭПР быстро увеличивается. Однако на удалении до 100 м энергетический баланс вполне удовлетворителен, даже если в качестве переизлучателей выступают небольшие строения, транспортные средства и т.п. Поскольку расчет проводился для наихудших условий приема GPS-сигнала, а величина приемной антенны принята сравнительно небольшой, можно ожидать благоприятных энергетических условий для двухпозиционного зондирования участков земной поверхности и расположенных на них объектов в радиусе до нескольких сотен метров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Polyukhovich P.V., Dudko B.P.* Experimental study of the multipath propagation effect on the accuracy of GPS co-ordinates measurements in case of urban conditions // PIERS 2009. Beijing, China: Draft abstracts. 2009. March 23–27. P. 783.

2. *Бахрах Л.Д., Курочкин А.П.* Голография в микроволновой технике. М.: Сов. радио, 1979. 320 с.

3. *Powell T.D.* GPS на высокоорбитальных космических аппаратах // GPS World. 1999. October.

4. *Дудко Б.П.* Космические радиотехнические системы. Томск: ТУСУР, 2007. 290 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

АКУСТИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

А.С. Раков, инженер ИМКЭС СО РАН;
Д.С. Раков, м.н.с. ИМКЭС СО РАН, ТУСУР
г. Томск, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, rakov@imces.ru

В статье рассматривается акустический стенд на основе акустической антенной решетки для проведения исследований в области распространения звука в приземном слое атмосферы. Приводятся его характеристики и состав.

В настоящее время исследования распространения звука в атмосфере приобретают все большую актуальность ввиду того, что за последние десятилетия в мире все больше и больше используют так называемые акустические средства удаленного воздействия на человека с помощью звука или звуковещательные станции. Существуют разнообразные мобильные звуковещательные станции наземного базирования с различной дальностью вещания. Они размещаются на автомобилях повышенной проходимости и на бронетехнике. Общая стоящая перед всеми разработчиками ЗС проблема – это увеличение дальности звукового вещания и, соответственно, зоны уверенного озвучивания. Создание все более мощных (и, следовательно, более громоздких) станций не позволяет решить эту задачу, поскольку в конечном итоге определяющим фактором является сама атмосфера (атмосферный канал распространения). Наращивание мощности излучения в направленный звуковой пучок приводит к нелинейным эффектам и к режиму насыщения уровня звукового давления. И самая главная проблема в звуковом вещании на большие расстояния – это неопределенность в результатах озвучивания заданного пункта [1–4].

В условиях реальной атмосферы прогнозирование уровня звукового давления в точке приема отличается от прогнозирования в свободном пространстве. В первую очередь это обусловлено тем, что на распространение звука влияют многочисленные параметры, к которым относятся метеопараметры (температура, давление, влажность, турбулентность атмосферы и т.д.), а также параметры за счет геометрии распространения звука (высота источника и приемника над уровнем земли, характеристики трассы распространения). Поэтому для точного прогнозирования уровня звукового давления в точке приема необходимо проводить исследования в области распространения звуковых волн в приземном слое атмосферы.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На основе вышеизложенного был разработан акустический стенд для проведения экспериментальных исследований в области распространения звука. Одним из основных требований при разработке были мобильность и способность быстрого развертывания в любом из мест измерений.

Характеристики акустического стенда

Акустический стенд включает в себя:

− акустическую антенную решетку, состоящую из 52 пьезоэлектрических преобразователей;

− 2 интегрирующих шумомера 1-го класса точности Bruel&Kjer Mediator 2238;

− переносной метеокомплекс;

− ноутбук с программным обеспечением;

− мачту-стойку для установки антенной решетки;

− аккумуляторную батерею, либо источник питания от сети 220 В.

Основные параметры антенной решетки:

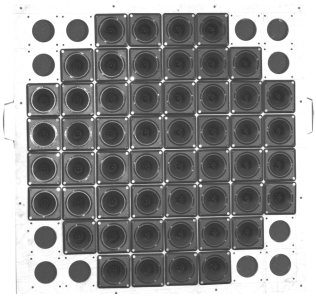
− максимальное звуковое давление на частоте 2 кГц – 145 дБ;

− ширина диаграммы направленности акустической антенной решетки на частоте 2 кГц – 10 град;

− питание от аккумуляторной батареи 12 В или от сети 220 В;

− потребляемая электрическая мощность не более 300 Вт.

Внешний вид антенной решетки представлен на рисунке.



Внешний вид акустической антенной решетки

Программное обеспечение акустического стенда обеспечивает выполнение следующих задач:

− задание различных видов звуковых сигналов для излучения;

− встроенный модуль прогнозирования уровня звукового давления;

− связь с метеорологическим комплексом.

В статье был рассмотрен акустический стенд на основе акустической антенной решетки для исследований распространения звуковых

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

волн в приземном слое атмосферы. Достоинствами данного стенда является мобильность, наличие программного обеспечения, способного проводить прогноз дальности распространения звуковых волн, а также возможность выбора различных звуковых сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Красненко Н.П.* Акустическое зондирование атмосферного пограничного слоя. Томск, 2001. 278 с.

2. *Красненко Н.П., Абрамочкин В.Н., Бухлова Г.В. и др.* Звуковое вещание в приземной атмосфере и его прогнозирование // Акустические измерения и стандартизация. Ультразвук и ультразвуковые технологии. Атмосферная акустика. Акустика океана / Сб. тр. XV сессии Российского акустического общества. Т. 2. М.: ГЕОС, 2004. С. 110–113.

3. *Красненко Н.П.* Приземное распространение звуковых волн в атмосфере // Акустические измерения и стандартизация. Ультразвук и ультразвуковые изтехнологии. Атмосферная акустика. Акустика океана: Сб. тр. XV сессии Российского акустического общества. Т. 2. М.: ГЕОС, 2004. С. 97–102.

4. *Красненко Н.П.* Дальнее звуковое вещание: проблемы, итоги, возможности // Сверхширокополосные сигналы в радиолокационных и акустических системах: Вторая Всерос. науч. конф.-семинар. Муром, 2006, С. 96–116.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ РАДИОМОНИТОРИНГА

А.В. Серов, магистрант; В.А. Кураков, доцент каф. РТС

г. Томск, ТУСУР, НИИ РТС, docshans@yandex.ru

Распределенная система радиомониторинга представляет собой пассивную многопозиционную систему для определения координат источников излучения (ИИ). Измерительные пункты системы располагаются на спутниках, разнесенных в пространстве. Расстояния между измерителями и ИИ составляют порядка 5–60 тыс. км. Сигнал ИИ представляет собой последовательность импульсов, радиотехнические параметры которых оцениваются в каждом измерителе. Под импульсом далее будем понимать именно набор параметров, таких как время прихода, частота, длительность, направление прихода (пеленг, угол места) и т.д. Координаты ИИ определяются разностно-дальномерным методом, для реализации которого находится соответствие между импульсами, принятыми в различных измерителях. Процесс нахождения соответствия назовем процессом селекции, включающим два этапа: группировку импульсов, относящихся к одному источнику излучения, в одном измерителе и отождествление между собой сигналов, приня-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

тых в нескольких измерителях. В данной работе будет рассмотрен именно алгоритм отождествления.

В реальной ситуации наличие большого числа ИИ, значительные флуктуации уровней принимаемых сигналов, большие расстояния между ИИ и измерителями затрудняют задачу селекции (как в плане группировки, так и отождествления). Так как полезные сигналы поступают на вход системы селекции одновременно с помехами, задачи селекции, как правило, рассматриваются в вероятностной постановке, а алгоритмы их решения базируются на статистических методах [1–4]. Особое место в таких алгоритмах занимает проблема идентификации импульсов, решаемая при помощи широко распространенных корреляционных методов [5, 6].

Общепринятая структура обработки сигналов [1–3] применительно к решаемой задаче может быть сведена к обобщенной структурной схеме, состоящей из следующих блоков:

1) ИИ (N_t штук), формирующие ИП с определенными параметрами, содержащими случайные пропадания;

2) измеритель (N_i штук), на выходе которого формируется смешанная импульсная последовательность (СИП), представляющая собой смесь ИП от каждого из ИИ;

3) блок группировки, вычисляет по СИП одного из измерителей количество ИИ и группирует импульсы в отдельные импульсные последовательности ИИ (ИПИ), согласно принадлежности к конкретному ИИ;

4) блок отождествления, находит соответствие между различными наборами ИПИ, получаемыми в различных измерителях. На выходе блока вычисляется задержка $\Delta\tau$ приема полученных отождествленных импульсных последовательностей (ОИП) в каждой паре измерителей;

5) блок вычисления координат, вычисляет по данным разностей задержки приема сигналов в каждом измерителе соответствующие им разности расстояний. Далее по известным разностям расстояний вычисляются местоположение и параметры движения каждого ИИ и проводится траекторная обработка.

На этапе отождествления сигналов попарно рассматриваются ИПИ всех измерителей и вычисляются сдвиги между ними. ИПИ первого и второго измерителя из каждой рассматриваемой пары описываются матрицами **Q** и **W**. Каждый столбец матрицы представляет собой набор параметров соответствующего импульса.

Для расчета расстояния между ИПИ **Q** и **W** используется следующая функция [1]:

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$D(\mathbf{Q},\mathbf{W},\Delta l)=\frac{1}{M\cdot(N-\Delta l)}\cdot\sum_{j=1}^{N-\Delta l}\sum_{i=1}^{M}\left[\frac{(q_{ij}-E\{q_i\})}{\sigma\{q_i\}}\cdot\frac{(w_{i(j-\Delta l)}-E\{w_i\})}{\sigma\{w_i\}}\right],$$

где N – число импульсов в последовательности;, Δl – величина сдвига между последовательностями; q_{ij}, w_{ij} – элементы матриц **Q** и **W**; $E\{q_{ij}\}$, $E\{w_{ij}\}$, $\sigma\{q_{ij}\}$, $\sigma\{w_{ij}\}$ – средние значения и СКО соответственно.

Вычисляется максимум корреляционной функции D(**Q**, **W**, Δl) и соответствующая величина сдвига Δl.

После обработки всех пар ИПИ данные передаются в блок вычисления координат.

Исследование алгоритма селекции выполнено методом прямого вероятностного моделирования на ЭВМ.

Рассмотрена система, состоящая из двух спутников (разность расстояний между ними 15000 км) и двух ИИ. Параметры ИИ следующие.

Расстояние до измерителей 55000 и 41000 км (первый ИИ), 50000 и 50000 км (второй ИИ); частота сигнала 1 и 2,2 ГГц; период следования импульсов 66,7 мкс [7] и 0,83 мс; длительность импульсов 0,16 [7] и 22 мкс; величина задержки прихода сигнала на паре измерителей $\Delta\tau_1$ = 0,048 с и $\Delta\tau_2$ = 1,83 мс; СКО ошибки определения времени прихода импульса 2 мкс [1]; СКО ошибки определения частоты 6 и 700 кГц [1]. Селектируемые параметры: частота, пеленг, угол места, длительность импульса, момент прихода.

Как было установлено в ходе анализа, вероятность ошибки отождествления уменьшается во времени, а данную зависимость можно аппроксимировать экспоненциальным законом. При наличии пропаданий первых 50 импульсов вероятность ошибки отождествления составляет порядка 0,8 в первом интервале наблюдения. Однако спустя 1 с вероятность ошибки становится менее 0,1. Повысить надежность алгоритма можно введением дополнительных параметров отождествления. Уменьшить количество вычислений можно путем уменьшения области изменения параметра Δl при расчете корреляционной функции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васин В.А., Власов И.Б., Егоров Ю.М. и др.* Информационные технологии в радиотехнических системах: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. И.Б. Федорова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. 768 с..

2. *Вакин С.А., Шустов Л.Н.* Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. М.: Сов. Радио, 1968. 448 с.

3. *Горелик А.Л., Барабаш Ю.Л., Кривошеев О.В.* Селекция и распознавание на основе локационной информации. М.: Радио и связь, 1990. 240 с.

4. *Фукунага К.* Введение в статистическую теорию распознавания образов. М.: Наука, 1979. 368 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

5. Пат. 5008679 United States Patent, H04B 7/185, G01S 5/02, G01S 3/02, G01S 1/24, Method and system for locating an unknown transmitter / John E. Effland, John M. Gipson, David B. Shaffer, John C. Webber; Interferometrics Incorporated; заяв. 31.01.90; опубл. 16.04.91. 28 с.

6. Пат. US 2007/0264939 A1 United States Patent Application Publication, H04B 17/00, System and method for identifying wireless devices using pulse fingerprinting and sequence analysis / Gary L. Sugar; COGNIO, Inc.; заяв. 9.05.07; опубл. 15.11.07. 77 с.

7. Пат. 3713154 United States Patent, G01s 9/44, Radar / Helmut Kummer, Telefunken Patentverwertungs-G.m.b.H., Ulm-Donau, Germany; заяв. 10.08.1961; опубл. 23.06.1973. 10 с.

ПРОГРАММА ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

С.С. Шмаков, студент 6-го курса, каф. ЭП;
А.А. Мещеряков, к.т.н., с.н.с. НИИ РТС
г. Томск, ТУСУР, sergafan.86@mail.ru

На рынке программных продуктов можно найти множество коммерческих и бесплатно распространяемых программ, позволяющих облегчить трудоемкий процесс обработки данных и их представления в компактном, удобном и наглядном виде [1]. Однако чтение исходных данных, которые являются результатом работы пользовательской программы, или информации, полученной от некого прибора, этими программами зачастую является невозможным.

В данной работе представлены результаты разработки компьютерной программы визуализации и обработки экспериментальных данных, полученных в ходе натурных испытаний, проводимых в НИИ РТС ТУСУР.

Программа решает ряд задач, в которые входят чтение исходных данных, хранящихся в виде файлов данных, их просмотр, обработка и анализ.

Программа, открывая файл первичных экспериментальных данных, считывает данные, строит зависимости амплитуды сигнала в каналах от номера такта АЦП и от номера кадра временного окна. Файлы первичных экспериментальных данных записаны в бесформатном виде. Внутренняя структура файла начинается с заголовка, содержащего информацию о количестве АЦП, записей, длины записи, времени и т.д. Данные в файле записаны после общего заголовка.

Задача просмотра решена таким образом, что пользователь может охватить набор данных целом и подробно изучить их произвольный участок, вплоть до значения конкретного элемента.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Главное окно программы (рис. 1) содержит поля для визуального отображения экспериментальных данных в виде графиков. Верхний график – это зависимость амплитуды сигнала в канале от номера кадра и параметров временного окна. Нижний график – зависимость амплитуды сигнала в канале от номера такта АЦП для заданного кадра. Программа позволяет отображать графики со всех каналов одновременно либо некоторые по выбору пользователя.

Программа позволяет применять обработку данных, такую как нормирование, вычисление разности между данными разных каналов, перевод значений в разные единицы измерений.

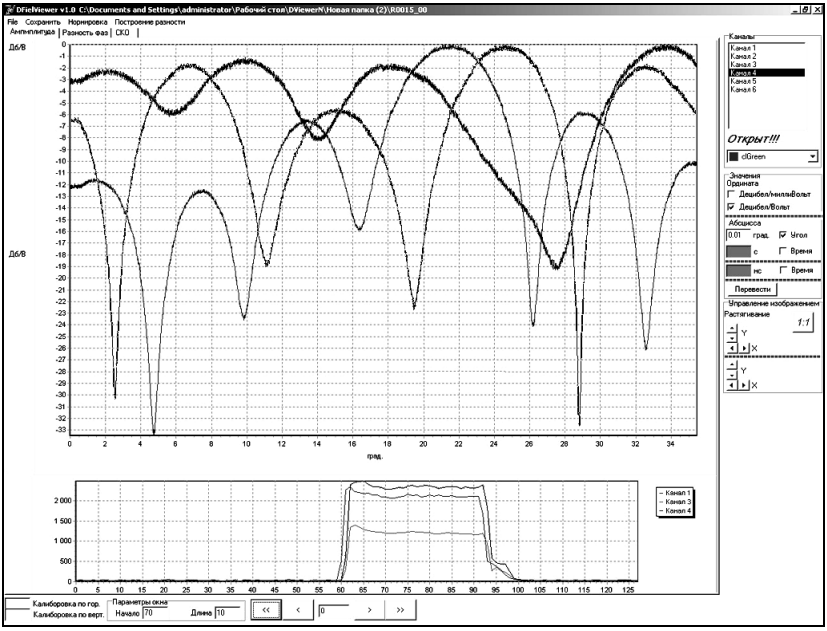


Рис. 1. Главное окно программы

При выполнении различных расчетов, например расчета разности, открывается дополнительное окно (рис. 2), в котором задаются необходимые параметры для расчетов.

Кроме этого, программой предусмотрено сохранение данных в типовых форматах с расширением *.txt, *.xls, *.bmp. При этом пользователь получает новые данные удобные для его восприятия и дальнейшей обработки в других программах.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Рис. 2. Окно расчета разности между данными

К достоинствам программы можно отнести малый занимаемый дисковый объем, простоту использования, возможность сохранения данных в типовых форматах. Программа написана на языке программирования Pascal.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Исакова О.П., Тарасевич Ю.Ю., Юзюк Ю.И.* Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета Origin. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 136 с.

РЕГИСТРАЦИЯ СВЯЗАННЫХ ОНЧ- И СНЧ-РАДИОИМПУЛЬСОВ В ПОЛОСТИ ВОЛНОВОДА ЗЕМЛЯ–ИОНОСФЕРА

Л.Д. Тарабукина, студентка, каф. радиофизики
г. Якутск, Физико-технический институт Якутского государственного университета им. М.К. Аммосова, taddy-9@mail.ru

В естественном низкочастотном радиошуме выделяются радиоимпульсы двух диапазонов: очень низкой частоты (ОНЧ) – атмосферики и сверхнизкой частоты (СНЧ). Источниками первых являются грозовые разряды наземных молний. Источник СНЧ-сигналов достоверно еще не определен. Существует три объяснения возникновения: 1) релаксация энергии электромагнитных колебаний в полости Земля–ионосфера; 2) протекание «медленных» токов по каналу молнии после возвратной стадии удара; 3) движение зарядов в теле спрайта – разряда «облако–ионосфера», проявляющегося красным свечением на высотах от 40 до 90 км. В некоторых случаях наблюдается появление двух СНЧ шумовых компонент, сдвинутых по фазе относительно друг друга. Появление первого СНЧ-радиосигнала можно объяснить первыми двумя

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

моделями, а второго СНЧ-импульса – протеканием токов в спрайте, как в [1].

Описание эксперимента. В данной работе была проведена статистическая обработка экспериментального материала, полученного на территории Якутии (φ=67,95º, λ=134,95º) в районе с повышенным числом появления положительных разрядов [2], так как считается, что возникновение спрайтов ассоциируется с положительными наземными молниями [3]. Регистрация естественного радиошума производилась на штыревую электрическую антенну, подключенную через усилитель (К = 40), и согласующий делитель к входу АЦП звуковой карты ноутбука с частотой дискретизации 62,5 кГц.

Результаты статистической обработки. Из записанных реализаций был взят последовательно 251 сигнал, характеризующийся наличием ОНЧ- и СНЧ-радиоимпульсов.

Напряженность принимаемого сигнала варьировалась от 1 до 5 В/м с медианным значением 2 В/м. Произведена оценка дальности до источника [4] и значений токов в канале молнии по параметрам ОНЧ-составляющей [5]. Дальность составила значение порядка 400 км. Ток изменялся в пределах 60 кА. Медианная величина оказалась равной 28 кА, а квартили имеют значения 18 и 40 кА. Оценки соответствуют [5].

На рис. 1 представлен характерный принимаемый радиосигнал, состоящий из атмосферика и задержанного на 2 мс последовавшего за ним положительного СНЧ-радиоимпульса.

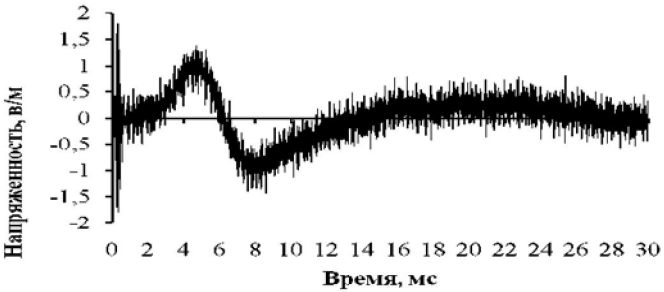


Рис. 1. Выделяемый радиосигнал

Во взятых сигналах были зарегистрированы случаи следования двух СНЧ-радиоимпульсов после ОНЧ-компоненты с фазовым сдвигом относительно друг друга. Частота появления таких наложенных сигналов составила 14,7%. На рис. 2 показан пример с наложенными двумя СНЧ-колебаниями.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

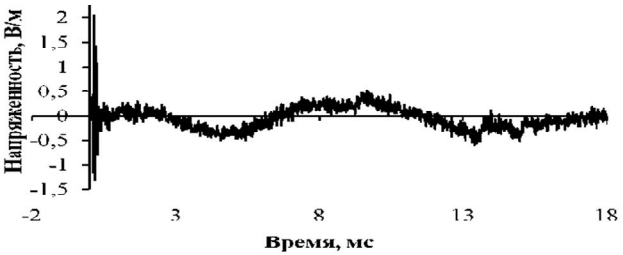


Рис. 2. Радиосигнал со сбоем фазы СНЧ

Длительность сигнала, включая ОНЧ- и СНЧ-составляющие, изменялась в интервале от 6 до 56 мс, с модальным значением в 14 мс. Задержка СНЧ-«хвоста» после ОНЧ-сигнала лежала в пределах 7 мс с наиболее вероятными значениями в 1 и 2 мс (34 и 36% соответственно). Вероятность отсутствия запаздывания – 15%. Задержка второй СНЧ-компоненты от ОНЧ-радиоимпульса составила интервал значений от 2 до 11 мс. Зарегистрирован один случай длительности 40 мс.

Вероятность появления СНЧ-радиосигнала после положительного разряда «облако–Земля» равна 68%. Частота возникновения положительной СНЧ-компоненты после соответствующего ей ОНЧ-радиосигнала – 63%. Частота СНЧ-квазиполупериодов изменялась от 167 до 52 Гц с течением времени. Максимальные значения ОНЧ-сигналов и задержки между СНЧ- и ОНЧ- радиоимпульсами не имеют корреляции в пределах точности 10%.

Получившиеся результаты статистической обработки по знакам ОНЧ- и СНЧ-радиосигналов позволяют говорить о необходимости положительного разряда для возникновения СНЧ-излучения, как и в [3]. Значения задержки и отсутствие зависимости этих запаздываний от амплитуды наземного разряда подтверждают предположение о разных источниках ОНЧ- и СНЧ-радиосигналов.

Были зарегистрированы случаи, аналогичные представленным в работе [1], по которым можно судить о возможности возникновения спрайтов на рассмотренной территории.

Работа выполнена в рамках НОЦ «Космофизика» и поддержана грантами Президента РС(Я) для молодых ученых и студентов от 2010 г., РФФИ 08-02-00348-а, 09-05-98540-р_восток_а и программами Президиума РАН 16 и АВЦП, проект № РНП 2.1.1/2555 и ФАНИ г.к.02.740.11.0248.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cummer S.A., Inan U.S., Bell T.F., and Barrington-Leigh C.P. ELF Radiation Produced by Electrical Currents in Sprites // Geophysical research letters, 1998. Vol. 25, № 8. P. 1281–1284.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

2. Муллаяров В.А., Торопов А.А., Козлов В.И., Каримов Р.Р. Особенности пространственного распределения положительных грозовых разрядов на востоке Сибири // Метеорология и гидрология. 2009. №6. С. 47–55.

3. Гуревич А.В., Зыбин К.П. Пробой на убегающих электронах и электрические разряды во время грозы // УФН. 2001. т. 171, №11. С. 1177–1199.

4. Кашпровский В.Е. Определение местоположения гроз радиотехническими методами. М.: Наука, 1966.

5. Rakov V.A., Thottappillil R., Uman M.A. On the Empirical Formula of Willett et al. Relating Lightning Return Stroke Peak Current and Peak Electric Field // J. Geophys. Res. 1992. Vol. 97. P. 527–533.

НАХОЖДЕНИЕ ЗЕРКАЛЬНО ОТРАЖАЮЩИХ ТОЧЕК НА НАЗЕМНЫХ ТРАССАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

П.В. Уйданов, студент

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, upv@sibmail.com

Как известно, в пассивной радиолокации для определения местоположения объекта радиоизлучения необходимо принимать сигнал в двух или более приёмных пунктах (разностно-дальномерный метод, пеленгационный метод и т.д.). В этих методах существенным является только прямое распространение (прямой луч), т.е. распространение вдоль прямой, проведённой между передатчиком и приёмником.

На наземных трассах распространения радиоволн важную роль играет рельеф. При наличии на нём точек, отражающих прямой сигнал, существенным становится не только прямое излучение, но и вторичное, т.е. излучение, отразившееся от рельефа. Путь, пройденный отражённым лучом, всегда больше, чем путь, пройденный прямым лучом. Поэтому между моментами их прихода в приёмный пункт будет некоторая задержка, которую можно достаточно точно определить. Таким образом, зная угол прихода прямого луча, угол прихода отражённого луча, задержку между моментами прихода прямого и вторичного лучей и координаты характерных точек на рельефе, можно определять местоположение объекта радиоизлучения из одного приёмного пункта.

Считается, что наибольший уровень поля вблизи приёмного пункта создают лучи, отразившиеся зеркально от рельефа (по законам геометрической оптики).

Целью данной работы является нахождение зеркально отражающих точек на наземной трассе распространения радиоволн.

В качестве входных данных имеем координаты точек рельефа в декартовой прямоугольной системе координат.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Рельеф имеет довольно сложную форму и выразить его аналитически невозможно. Поэтому применим представление сложной подстилающей поверхности в виде множества простейших объектов. В качестве таких объектов используем плоские треугольники. Задачу решаем в два этапа. Первый: отбросим координату z (высоту) точек рельефа. Изобразим полученные точки на плоскости и соединим их прямыми так, чтобы получились треугольники с минимальными площадями. Это можно сделать при помощи метода триангуляции Делоне. Второй этап: вернём каждой точке в полученном рисунке её координату *z*. Мы получим поверхность, состоящую из треугольников. На рис. 1 изображены результаты этих этапов, проделанные в среде Matlab.

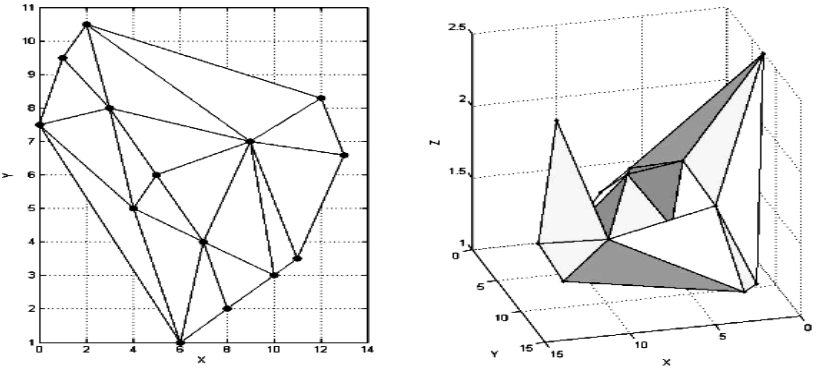


Рис. 1

Введём координаты передатчика и приёмника. Рассмотрим один треугольник, представляющий участок рельефа. Обозначим точку в центре этого треугольника как точку середины его медианы (точка *M*). Мы можем рассчитать элементы вектора, проведённого от передатчика в точку *M* (направляющего вектора падающего луча), а также элементы вектора, проведённого от приёмника в точку *M* по формулам [1]:

$$X = x_2 - x_1; \qquad Y = y_2 - y_1; \qquad Z = z_2 - z_1, \qquad (1)$$

где *X*, *Y*, *Z* – координаты вектора, x_1, y_1, z_1 – координаты точки начала вектора, x_2, y_2, z_2 – координаты точки конца вектора.

Если представить две стороны рассматриваемого треугольника как вектора и перемножить их векторно, получим вектор нормали к плоскости треугольника.

Таким образом, зная нормаль к плоскости треугольника и координаты точки на ней, найдём направляющий вектор отражённого луча по формуле

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$\vec{\nu} = 2 \cdot \vec{n} \cdot \frac{\left|\vec{d}\right| \cdot \cos\varphi}{\left|\vec{n}\right|} - \vec{p}, \qquad (2)$$

где $\vec{\nu}$ – направляющий вектор отражённого луча; $\vec{p}$ – направляющий вектор падающего луча; $\vec{n}$ – вектор нормали; $\vec{d}$ – вектор проекции $\vec{p}$ на $\vec{n}$; φ – угол между $\vec{p}$ и $\vec{d}$.

$$\left|\vec{n}\right| = \sqrt{X_n^2 + Y_n^2 + Z_n^2} \quad \left|\vec{d}\right| = \sqrt{X_d^2 + Y_d^2 + Z_d^2}. \qquad (3)$$

$$\cos\varphi = \frac{X_p X_d + Y_p Y_d + Z_p Z_d}{\sqrt{X_p^2 + Y_p^2 + Z_p^2} \cdot \sqrt{X_d^2 + Y_d^2 + Z_d^2}}. \qquad (4)$$

По формуле (4) найдём угол между вектором, проведённым от точки приёмника в точку М, и вектором $\vec{\nu}$. Далее необходимо рассчитать ширину индикатрисы рассеяния. Если рассчитанный угол меньше, то имеет место зеркальное отражение.

Описанный выше алгоритм реализован в системе Matlab.

На рис. 2 изображён полученный из треугольников полигон, описывающий рельеф, направляющий вектор падающего (*P*) и отражённого лучей (V), вектор между приёмником и треугольником (*A*) и вектор нормали (*n*).

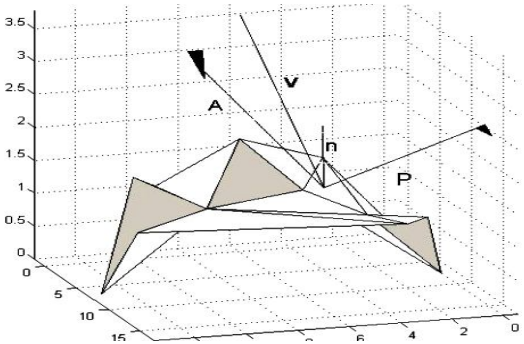


Рис. 2

Аналогичные построения можно сделать для остальных треугольников.

Получен простой алгоритм для нахождения зеркально отражающих точек на наземных трассах распространения радиоволн. Он может быть использован при оценке значимости отражающих точек на рельефе. Также алгоритм может стать основой для расчёта уровня поля вблизи приёмника при распространении радиоволн вдоль неровной земной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Выгодский М.Я.* Справочник по высшей математике. М.: Физматлит, 1963.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ СИНХРОНИЗАЦИИ ШКАЛ ВРЕМЕНИ МЕТОДОМ ЗАПРОСНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

А.Р. Якупов, студент; П.И. Танцай, м.н.с. НИИ РТС
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, yakupov_105@sibmail.com

Целью представленного исследования является оценка качества системы синхронизации шкал времени в пространственно-разнесенных пунктах в кабельном канале радиосвязи.

В исследованиях использовался макет системы синхронизации (СС) шкал времени, разработанный в НИИ РТС ТУСУР [1, 2]. Макет системы синхронизации работал в дециметровом диапазоне и состоял из центрального (БСС1065) и периферийного (БСС615) пунктов, которые между собой соединялись кабелями с аттенюаторами. Схема макета представлена на рис. 1.

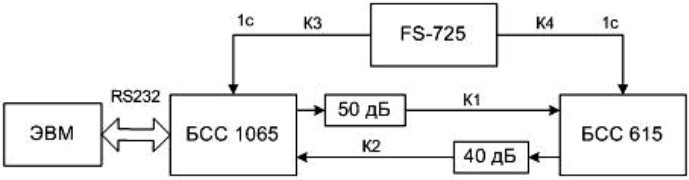


Рис. 1. Структурная схема макета СС: ЭВМ – вычислительная машина, связанная с аппаратурой СС по интерфейсу RS-232; БСС1065 – блок системы синхронизации, передатчик на 1065 МГц; БСС615 – блок системы синхронизации, передатчик на 615 МГц; К1, К2, К3, К4 – коаксиальные кабели снижения РК50-2-11, длина кабеля К1 составляла 84,5 см, кабеля К2 – 127 см, кабелей К3 и К4 по 160 см; 50 дБ, 40 дБ – аттенюаторы; FS-725 – стандарт частоты, вырабатывает секундную метку; 1 с – секундная метка времени с навигационных приемников

В качестве зондирующего сигнала использовался широкополосный сигнал (ШПС) с двоичной фазовой манипуляцией несущей частоты М-последовательностью (ПСП) длиной 1023 бита и тактовой частотой 10,08 МГц. Каналы запроса и ответа излучали сигналы на частотах 1065 МГц (БСС1065) и 615 МГц (БСС615) соответственно.

Экспериментальная аппаратура работала в двух режимах:

а) Измерение задержки сигнала с помощью СС при прохождении кабельных соединений сигналом в обе стороны. Этот режим обеспечивал непосредственную проверку работы СС.

б) Измерение задержки сигнала с помощью СС и СНП при прохождении кабельных соединений сигналом в одном направлении. Этот режим позволял произвести сравнение качества работы СС относительно стандарта частоты.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Полученные в течение 10 ч с помощью описанной выше аппаратуры экспериментальные оценки времени задержки в условиях лабораторных помещений при различной температуре приведены на рис. 2, 3 и в таблице. Слева на этих рисунках представлены результаты, полученные в режиме «а». При этом значения задержки сигнала, полученные с помощью СС, по величине уменьшены вдвое, так что ось времени задержки (вертикальная ось) на этих рисунках соответствовала пределам времени распространения в одном направлении. По горизонтальной оси отложено время в момент измерения времени задержки (время местное, чч:мм:сс). Экспериментальные результаты измерения времени задержки в режиме «б» приведены на рисунках справа.

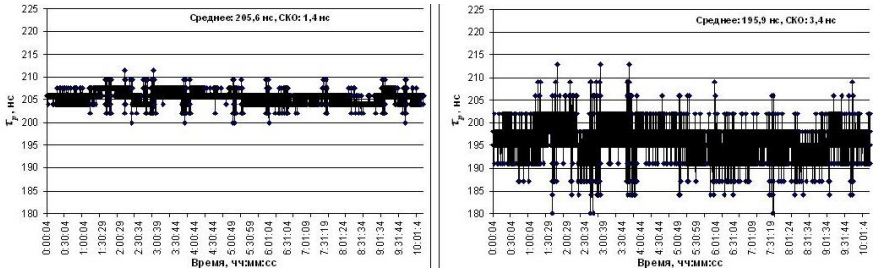


Рис. 2. Изменения времени задержки, теплое помещение

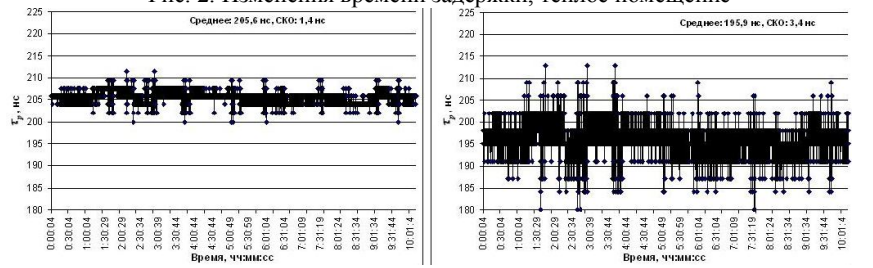


Рис. 3. Изменения времени задержки, холодное помещение

Результаты испытаний системы синхронизации

Помещение	СКО, нс		Среднее, нс		Температурный градиент, нс/град	
	режим «а»	режим «б»	режим «а»	режим «б»	режим «а»	режим «б»
1	1,4	3,4	205,6	195,9	0,03	–0,74
2	1,1	2,9	205,1	209		

Средняя температура в теплом помещении (помещение 1) составляла 21,8°, в холодном (помещение 2) – 4,2°.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Заметно, что флуктуации времени задержки при измерении в режиме «а» значительно меньше, чем в режиме «б». Это можно объяснить погрешностью формирования секундных меток времени в стандарте частоты.

Таким образом, аппаратура измерения времени задержки работает с лучшими качествами в режиме а), допускает флуктационную погрешность в этом режиме не более 1,4 нс. Среднее время задержки в одну сторону порядка 200 нс, температурный градиент задержки порядка 0,03 нс/град.

ЛИТЕРАТУРА

1. Танцай П.И., Корниенко В.Г. Экспериментальные исследования точности синхронизации шкал времени в пространственно разнесенных пунктах методом запросной радиолокации // Докл. ТУСУРа. 2008. № 2 (18), ч. 1, июль.

2. Денисов В.П., Крутиков М.В., Лебедев В.Ю. и др. Система синхронизации наземного радиофизического комплекса // Матер. IX Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж: Изд-во ООО НПФ «САКВОЕЕ», 2003. С. 1515–1526.

КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЗОН ПОКРЫТИЙ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Л.Л. Егоров, аспирант
г. Томск, ТУСУР, каф. СРС

Предложен критерий по оценке покрытия в проектируемом кластере базовых станций для сетей связи с подвижными объектами.

При проектировании комплекса базовых станций для сетей связи с подвижными объектами наиболее значим и весом расчет зон покрытий.

Для полноценной и адекватной оценки полученных расчетов инженеру-проектировщику необходим критерий, на основе которого возможно оценить полученное покрытие в кластере. Наилучшим решением с точки зрения оптимального покрытия будет являться случай, охватывающий наибольшую площадь с наименьшими перекрытиями и недопокрытиями зон соседних БС (рис. 1). Минимизация этих областей и определяет критерий оптимальности. В качестве меры оценки оптимальности целесообразно принять математическое понятие «норма» Δ, которая показывает суммарную среднеквадратическую ошибку решения [1]. Слагаемые нормы, т.е. разности суммы радиусов зон обслуживания пары БС и расстояния между этой парой БС, пропорциональны площадям перекрытия/недопокрытия:

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$\Delta = \sqrt{\sum ((r_i + r_j) - d_{ij})^2} \ ,$$

где Δ – суммарная среднеквадратическая ошибка решения; r_i и r_j – радиусы зон обслуживания соответствующих $БС_i$ и $БС_j$; d_{ij} – пролет между $БС_i$ и $БС_j$.

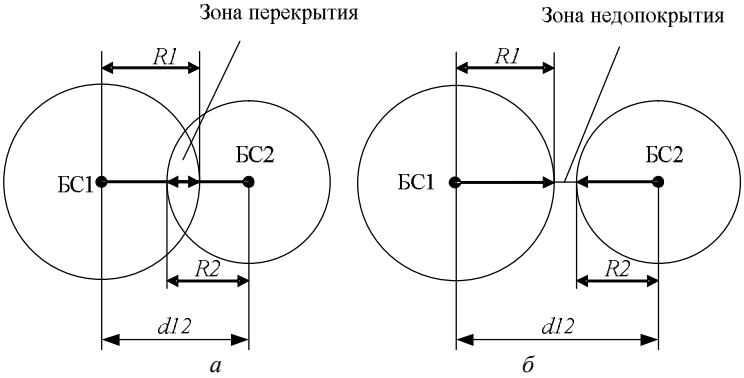


Рис. 1. Варианты ошибок при покрытии территории БС

В случае перекрытия зон разность будет иметь знак «+», в случае недопокрытия – знак «–». Знак разности не имеет принципиального значения в связи с возведением разности во вторую степень.

Таким образом, критерий оптимальности покрытия территории зонами обслуживания БС может быть записан в виде

$$|\Delta| \to 0 \ .$$

Наилучший случай, когда отсутствуют зоны перекрытия и недопокрытия, соответствует $|\Delta| = 0$.

Предложенный критерий оценки зон покрытия базовых станций прост и универсален в своем исполнении, применим для всех вендеров оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Егоров Л.Л., Кологривов В.И.* Алгоритм расчета зон покрытия базовых станций // Докл. ТУСУРа. 2007. № 2(16). 244 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ВАРЬИРОВАНИЕ ЗОН ОБСЛУЖИВАНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ УРОВНЯМИ ПОРОГОВ ДОСТУПА ДЛЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Л.Л. Егоров, аспирант
г. Томск, ТУСУР, каф. СРС

Рассмотрена возможность варьирования зон обслуживания базовых станций посредством изменения уровней порогов доступа для сетей связи с подвижными объектами.

В современных сотовых сетях подвижной связи процесс успешной эксплуатации сети напрямую зависит от ее планирования. В больших городах с развитой инфраструктурой постоянно изменяющаяся обстановка заставляет оператора незамедлительно реагировать на происходящие вокруг изменения. Постоянное увеличение объемов передаваемой информации требует оптимизации территориального распределения частотного ресурса оператора, пространственной структуры построения сети, поиска оптимальных методов обеспечения ЭМС, ведения постоянного мониторинга перегрузок с последующим перераспределением ресурса. Высокую эффективность качества работы сети в таких условиях возможно обеспечить при тесном взаимодействии служб планирования, оптимизации и эксплуатации сети оператора путем использования дорогостоящего программного обеспечения с использованием моделей распространения электромагнитных волн в различных условиях с учетом рельефа местности на основе геоинформационных технологий и решения проблем электромагнитной совместимости [1, 2].

Современные сети связи с подвижными объектами вне зависимости от поколений сложны в своем техническом исполнении. В каждом из стандартов существует масса алгоритмов и параметров, направленных на повышение эффективности работы.

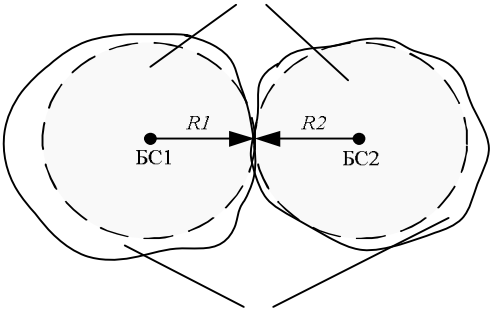
В сотовых сетях связи одним из таких параметров является порог доступа в сеть, определяемый уровнем входного сигнала. Данный показатель выставляет приоритет на занятие речевых каналов МС, обладающей лучшим сигналом приема, соответственно, МС с худшим приемом вынуждена обслуживаться на соседней БС. Таким образом, осуществляется перераспределение зон покрытий либо трафика между базовыми станциями. Если возникает надобность уменьшения / увеличения зоны обслуживания, производят повышение / уменьшение порога доступа для мобильной станции.

Использование данного параметра актуально, если в исследуемом кластере не выдержан баланс мощностей на границах зон обслуживания (имеются зоны перекрытия и недопокрытия). Тогда задачу нахож-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

дения покрытий для группы БС, при котором выдерживается баланс мощностей на границах зон, можно решить в два этапа. Для начала необходимо чисто геометрически найти оптимальные зоны покрытия, а затем произвести подбор уровней порогов доступа таким образом, чтобы полученные геометрические граничные значения соответствовали уровням напряженностей поля от базовых станций на местности.

Геометрические расчеты зон покрытий



Зоны покрытия на местности по минимальному уровню входного сигнала в сеть

Рис. 1. Расчетные и реальные зоны покрытия для 2 БС

Варьирование зон покрытий базовых станций посредством изменения порогов доступа позволяет достигать требуемых зон покрытий, не привлекая инженерный состав эксплуатации, т.к. не требует физических изменений в конфигурации кластера.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Попов В.И.* Основы сотовой связи стандарта GSM. М.: Эко-Трендз, 2005. 296 с.

2. *Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Михайлов П.А.* Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., испр. М.: Горячая линия–Телеком, 2007. 224 с.

ВЛИЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ РАЗНОСТИ ЧАСТОТ ОПОРНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПРИЕМНИКА И ПЕРЕДАТЧИКА СИСТЕМЫ С ЛЧМ НА ОЦЕНКУ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРОПОСФЕРНОГО КАНАЛА

К.И. Зайцев, студент

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, wiz23@sibmail.com

При проведении исследований по изучению частотной характеристики канала $K(\omega)$ удобно использовать ЛЧМ-сигнал. Первые исследования частотно-селективных замираний приведены в [1, 2]. С дополнительными результатами, полученными данным способом, можно ознакомиться в [3–6]. В случае ЛЧМ-сигнала частотная реализация переда-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

точной функции канала переходит во временную область $K(at)$, где a – некоторый коэффициент. При детектировании сигнала используется корреляционный приемник, поэтому встает вопрос о синхронизации опорных генераторов приемника и передатчика.

За эталон принимаются частота опорного генератора и шкала времени в пункте приема. Излученный ЛЧМ-сигнал (центральная частота несущей $f_н$ = 9,43 ГГц; девиация частоты несущей Δf = 0,64 ГГц) за время распространения приобретает фиксированную задержку t_0 относительно опорного сигнала приемника и умножается на частотно-временную характеристику канала $K(at)$, в результате принимаемый сигнал задается выражением (1):

$$u_{\text{П}}(t) = \sum_{k=0}^{K-1} e^{j(\Omega_{\text{гп}} + 2\pi * \alpha_{\text{п}} * (t - (t_0 + kT_{\text{оп}} + k\Delta t_{\text{з}})))(t + kT_{\text{оп}})} e^{j\varphi_{\text{п}}} K(at), \qquad (1)$$

где $\Omega_{\text{гоп}}$ – минимальное значение частоты принятого ЛЧМ-сигнала; $\alpha_{\text{п}}$ – крутизна нарастания частоты принятого ЛЧМ-сигнала; t_0 – начальная задержка между опорным и принятым ЛЧМ-сигналами; $\Delta t_{\text{з}}$ – приращение задержки между сигналами за время передачи одного импульса; $\varphi_{\text{п}}$ – начальная фаза принятого ЛЧМ-сигнала.

Поскольку $K(\omega)$ является случайной функцией частоты, которая преобразует спектр сигнала при распространении, то при моделировании без потери общности примем $K(\omega) = K(t) = 1$.

В пункте приема приходящий сигнал умножается на подобное опорное колебание

$$u_{\text{оп}}(t) = \sum_{n=0}^{N-1} e^{j(\Omega_{\text{гоп}} + 2\pi * \alpha_{\text{оп}} * (t - nT_{\text{оп}}))(t + nT_{\text{оп}})} e^{j\varphi_{\text{оп}}}, \qquad (2)$$

где N – число периодов ЛЧМ-сигнала; $\Omega_{\text{гоп}}$ – минимальное значение частоты опорного ЛЧМ-сигнала; $\alpha_{\text{оп}}$ – крутизна нарастания частоты опорного ЛЧМ-сигнала; $T_{\text{оп}}$ – период опорного ЛЧМ сигнала; $\varphi_{\text{оп}}$ – начальная фаза опорного ЛЧМ-сигнала.

Результат перемножения сглаживается при помощи ФНЧ. В идеальном случае сигнал на выходе ФНЧ повторяет по форме $K(t)$. Работа направлена на исследование влияния относительной разности частот (ОРЧ) ξ опорных генераторов на ошибки при оценке функции $K(t)$. В качестве среды моделирования используется программа MathCAD 14.0.0.163.

Для большей наглядности покажем зависимость частот принятого и опорного сигналов от времени для когерентной (частоты опорных

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

генераторов передатчика и приемника совпадают) и некогерентной (частоты опорных генераторов передатчика и приемника различны) систем на рис. 1.

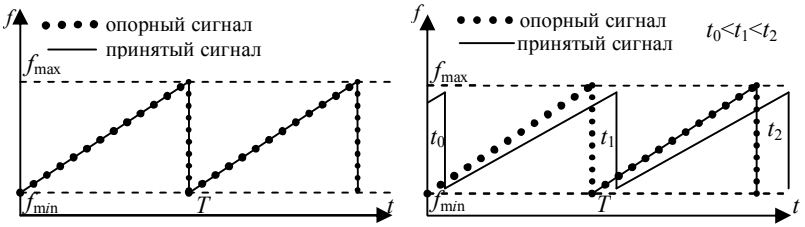


Рис. 1. Зависимость частот опорного и принятого сигналов от времени для когерентной (слева) и некогерентной (справа) систем

По сигналу на выходе ФНЧ оцениваем частоту биений. Поскольку с течением времени задержка между сигналами увеличивается, то частота биений также возрастает (см. рис. 1).

Далее были построены амплитудно-частотные спектры биений для разных периодов. По данным реализациям были оценены основные параметры: скорость смещения частоты биений, максимальное время работы, ослабление биений во времени.

Например, для ЛЧМ сигнала с параметрами $f_н$ = 9,43 ГГц, Δf = 0,64 ГГц, $\xi = 10^{-8}$ и периодом следования импульсов T = 10 мс в табл. 1 приведены для 3 различных периодов центральные частоты спектров биений $f_н$, ОЦБ и отношения амплитуд гармоник к амплитуде сигнала $A1$, $A2$ и т.д. По этим данным были определены: скорость смещения частоты $V_{смч} = 1{,}92$ кГц/с , максимальное время работы (при заданной максимальной задержке между началами периодов принятого и опорного сигналов $t_{з.max}$ = 50 мкс) T_{max} = 1500 с; среднее ослабление энергии центральной гармоники к энергии боковых гармоник (ОЦБ) $\beta_{ср}$ = 0,0135 дБ/с. Центральная частота спектра определялась как центр тяжести спектра. При этом погрешность определения центральной частоты не превышала 7,44%.

Таблица 1

Параметры спектра биений на различных периодах сигнала

Парам. / № периода	$f_н$, кГц	ОЦБ, дБ	A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	320	9,398	239,6	52,78	23,628	15,191	11,198	8,8689
10000	512	7,984	234,98	62,425	27,482	17,573	12,917	10,212
20000	704	6,698	229,62	72,386	31,323	19,953	14,654	11,587

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Также была оценена зависимость ОЦБ при различных ОРЧ опорных генераторов. Полученные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость ОЦБ от ОРЧ опорных генераторов

ξ	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}
ОЦБ, дБ	–20,7	–8,4	9,4	18,8	20,6	20,8	20,8

Для проведения сеанса длительностью 25 мин без постройки частот ОРЧ должно быть не менее 10^{-8}, т.е. необходим как минимум термостатированный кварцевый генератор, при этом СКО составляет 8,2%, но, исходя из данных табл. 2, применение опорных генераторов с ОРЧ менее 10^{-9} нецелесообразно.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Crawford A.B., Jakes W.C.* Selective Fading of Microwaves // Bell Syst. Tech. J. 1952. Vol. 31, № 1.

2. *Strohbern J.W., Waterman A.T.* Transhorizon Propagation Measurements from a Simultaneous Frequency and Angle Scan Experiment // Radio Sci. 1966. Vol. 1, №7.

3. *Шарыгин Г.С.* Статистическая структура поля УКВ за горизонтом. М.: Радио и связь, 1983.

4. *Шур А.А.* Характеристики сигнала на тропосферных радиолиниях. М.: Связь, 1972.

5. *Акулиничев Ю.П.* Коэффициенты передачи загоризонтной тропосферной линии при движении, сканировании и разнесении антенн // Радиотехника. 1991. №12.

6. *Акулиничев Ю.П., Ерохин А.В., Першиков В.П.* Корреляционные характеристики огибающих сигналов при пространственно-частотно-временном разносе на наклонных морских трассах // IX Всесоюз/ конф/ по распространению радиоволн: Автореф. докладов. Ч. 1. Харьков, 1969.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СЕКЦИЯ 2

ЗАЩИЩЕННЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

*Председатель – **Голиков А.М.**, к.т.н., доцент каф. РТС*

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК И БЕЗОПАСНОСТИ СЕТИ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТА IEEE 802.11

Е.А. Большанина, студентка 5-го курса;
А.М. Голиков, нау. рук., доцент
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, gol@rts.tusur.ru

Целью данной работы является разработка лабораторного комплекса для исследования характеристик стандарта связи IEEE 802.11. В ходе лабораторной работы происходит изучение распространенных методов атаки на беспроводную сеть, поскольку для того, чтобы организовать эффективную защиту сети, необходимо знать методы атаки. Также работа направлена на изучение характеристик сети в разных условиях эксплуатации.

Беспроводные сети стандарта 802.11 или Wi-Fi приобретают все большую популярность. В качестве среды передачи используется радиоэфир. По мере развития стандарта увеличилась скорость передачи, совершенствовались методы защиты передаваемой информации. Однако скорость передачи информации не велика. Стандарты 802.11 a/g предоставляют в распоряжение пользователю полудуплексный канал с пропускной способностью 54 Мбит/с. Но 11 сентября 2009 г. был принят стандарт 802.11n, скорость которого сравнима со скоростью Fast Ethernet. Так что вскоре беспроводные сети будут обеспечивать не только мобильность своих пользователей, но и высокоскоростную передачу данных.

Методика измерений

1. Оценка производительности точки доступа (рис. 1). При помощи программы NetIQ Chariot генерируется передаваемый трафик от точки доступа к адаптеру. В ходе тестирования будут передаваться пакеты с различной длиной:
   - 1500 байт (максимальная длина пакета);
   - 512 байт;
   - 64 байта.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Рис. 1. Тестовый стенд для проведения измерений производительности точки доступа

Проводится измерение скорости передачи и среднего времени отклика. Данные измерения проводитят для оценки скоростных характеристик беспроводного канала.

2. Шифрование. При помощи программы NetIQ Chariot генерируется трафик. Берутся пакеты с длиной 1500 байт. В настройках точки доступа выбираются различные методы шифрования. Данные измерения проводятся в целях выяснить, какой метод шифрования сильнее влияет на пропускную способность.

3. Фрагментация фреймов. Трафик генерируется при помощи программы NetIQ Chariot. В настройках точки доступа изменяются значения поля данных в диапазоне 256–2346 бит. Данные измерения проводятся с целью определения зависимости скорости передачи данных от длины поля данных.

4. Оценка взаимного влияния точек, работающих на одном канале. Тестовый стенд изображен на рис. 2. Точки доступа переводятся на один частотный канал в первый случае. Между узлами comp1 и comp2, comp3 и comp4 осуществляется передача трафика сгененрированого программой NetIQ Chariot. При тестировании расстояние между точкой 1 и точкой 2 изменяется в пределах от 1 до 30 м. Для каждого из выбранных значений расстояния L, для пары узлов comp1 и comp2 измеряется среднее значение скорости передачи, времени отклика, количество потерянных пакетов в течение 5 мин. Первые измерения проводятся при выключенной точке доступа 2. Исходя из теоретических соображений, именно в этих условиях должны быть получены самые лучшие результаты.

5. Получение ключа WEP шифрования. Для проведения данного рода атаки (рис. 3) необходимо:

− перевести адаптер в режим мониторинга;

− заменить MAC-адрес адаптера (это делается для того, чтобы показать что данная схема защиты не является эффективной);

− произвести поиск сети с шифрования данных WEP;

− произвести набор пакетов от 10000 до 25000 (это необходимо для дальнейшего анализа пакетов и получения ключа) и при помощи программы aircrack-ng произвести подбор ключа.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

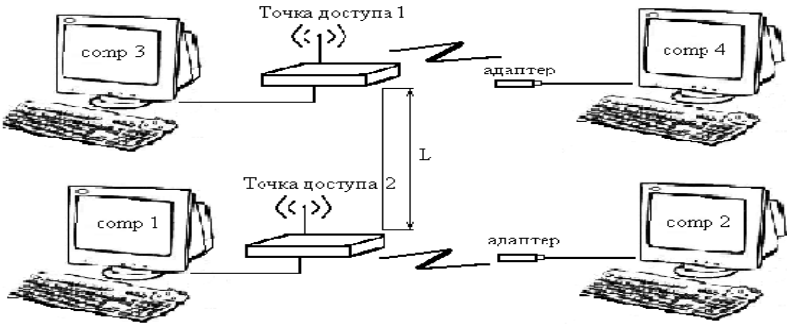


Рис. 2. Тестовый стенд для оценки взаимного влияния точек, работающих на одном канале

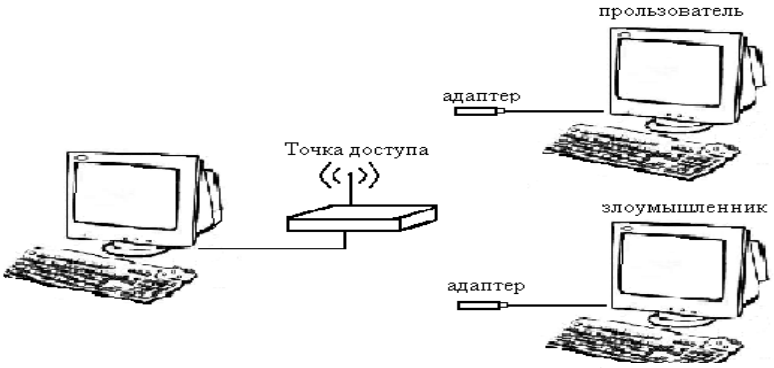


Рис. 3. Тестовый стенд для проверки методов шифрования

6. Получение ключа WPA/WPA2 шифрования. Для проведения данного рода атак необходимо:

− задать самостоятельно ключ шифрования в настройках точки доступа;

− перевести адаптер в режим мониторинга;

− выбрать пользователя для атаки и посылать пакеты к точке доступа под MAC – адреса пользователя (это необходимо чтобы точка доступа отключила пользователя и он начал авторизоваться снова);

− перехватить пакеты авторизации;

− при помощи программы aircrack-ng произвести подбор ключа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Педжман Рошан, Джонатан Лиэри.* Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11: Пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2004.

2. *Wi-Fi.* Беспроводная сеть / Джон Росс; пер. с англ. В.А. Ветлужских. М.: НТ Пресс, 2007. 320 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СИСТЕМА IP-ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ VPN*

П.Е. Ефремов, студент 3-го курса
г. Томск, ТУСУР, РТФ, gol@rts.tusur.ru

Целью данной работы является создание системы IP-видеонаблюдения на основе технологии VPN.

IP-видеонаблюдение – процесс, осуществляемый с применением оптико-электронных устройств, предназначенных для визуального контроля или автоматического анализа изображений с использованием IP-технологий. А именно, построение распределенных систем с использованием публичных сетей (например, Интернет) для передачи видео, предоставление доступа к просмотру видео или к архиву большомого числа пользователей, удаленный доступ к системе и др. При правильном выборе сетевого оборудования и его настройке процесс обеспечения безопасности сети для IP-видеонаблюдения принципиально ничем не отличается от корпоративной компьютерной сети.

IP-видеокамеры очень удобны для создания распределенных систем. В качестве примера можно привести предприятие с филиалами, которое имеет подразделения, территориально отдаленные от центрального офиса (необходима локальная СВН на каждом из объектов).

Видеопотоки от IP-камер можно записывать в произвольной точке сети с помощью серверов записи, так называемых NVR (Network Video Recorder), сетевых хранилищ видео, количество которых определяется объемом архива видеоданных.

Оцифровка и сжатие видео- и аудиосигналов происходит на уровне камеры, причем вместе с данной информацией по тому же кабелю пересылается и телеметрическая информация. При использовании технологии PoE (Power over Ethernet – питание по сети) можно произвести питание самих камер прямо через сетевой кабель от сетевых коммутаторов.

Современная IP-камера представляет собой цифровое устройство, производящее видеосъемку, оцифровку, сжатие и передачу по компьютерной сети видеоизображения. Поэтому в состав IP-камеры входят следующие компоненты:

- светочувствительный сенсор;
- объектив;
- оптический фильтр;

* Проект ГПО РТС-0901 – Разработка и создание аппаратно-программных средств защиты информации в сетях и системах радиосвязи. Руководитель проекта – А.М. Голиков, доцент каф. РТС.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

− плата видеозахвата (блок оцифровки);
− блок компрессии (сжатия) видеоизображения;
− центральное процессорное устройство (ЦПУ) и встроенный web-сервер;
− оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);
− флэш-память;
− сетевой интерфейс (Ethernet);
− последовательные порты (например, COM-порт);
− тревожные входы/выходы.

Безопасность и надежность систем IP-видеонаблюдения

Источником видеосигнала для систем IP-видеонаблюдения являются цифровые камеры, на выходе которых аудио- и видеосигнал представлен в цифровом формате (IP-пакеты) с интерфейсом подключения в виде порта FastEthernet, который непосредственно подсоединяется к такому сетевому оборудованию, как коммутатор или маршрутизатор.

С учетом компьютеров поста видеонаблюдения, можно выделить три участка любой системы IP-видеонаблюдения, которые важны с точки зрения обеспечения безопасности: видеокамера и кабель подключения видеокамеры к сетевому оборудованию – самый незащищенный физически участок, сетевое оборудование в виде маршрутизаторов и коммутаторов, которые осуществляют передачу информации в необходимую точку расположения поста наблюдения, зона кабельного подключения компьютеров поста наблюдения к сетевому оборудованию, которое осуществляет передачу видеосигнала.

В данном случае механизмы обеспечения безопасности основаны на технологии виртуальных частных сетей (VPN – Virtual Private Network).

Виртуальные частные сети

VPN (Virtual Private Network) – зашифрованный или инкапсулированный процесс коммуникации, который безопасным образом передает данные из одной точки в другую; безопасность этих данных обеспечена устойчивой технологией шифрования, и передаваемые данные проходят через открытую, незащищенную, маршрутизируемую сеть.

VPN-технологии обеспечивают:

− защиту (конфиденциальность, подлинность и целостность) передаваемой по сетям информации;
− защиту внутренних сегментов сети от НСД со стороны сетей общего пользования;
− контроль доступа в защищаемый периметр сети;
− сокрытие внутренней структуры защищаемых сегментов сети;
− идентификацию и аутентификацию пользователей сетевых объектов;

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

− централизованное управление политикой корпоративной сетевой безопасности и настройками VPN-сети;

− криптографическую защиту данных, передаваемых по каналам связи сетей общего пользования между защищаемыми сегментами сети;

− безопасный доступ пользователей VPN к ресурсам сетей общего пользования.

Особенностью туннелирования является то, что эта технология позволяет зашифровать исходный пакет целиком, вместе с заголовком, а не только его поле данных. Исходный пакет зашифровывают полностью, вместе с заголовком, и этот зашифрованный пакет помещают в другой, внешний пакет с открытым заголовком. Для транспортировки данных по «опасной» сети используются открытые поля заголовка внешнего пакета, а при прибытии внешнего пакета в конечную точку защищенного канала из него извлекают внутренний пакет, расшифровывают и используют его заголовок для дальнейшей передачи уже в открытом виде по сети, не требующей защиты. При этом для внешних пакетов используются адреса пограничных маршрутизаторов, установленных в этих двух точках, а внутренние адреса конечных узлов содержатся во внутренних пакетах в защищенном виде (см. рис.).

Туннелирование пакетов

Таким образом, построение системы видеонаблюдения на базе IP позволяет по максимуму использовать все преимущества распределен-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ных систем с использованием публичных сетей (Интернет), что соответствует общей тенденции их использования для передачи различного рода данных. А использование методов криптографической защиты VPN обеспечит безопасную надежную работу систем IP-видеонаблюдения.

Использованные методы и подходы можно развить и в дальнейшем применять, например, для организации видеоконференций, что подчеркивает общность вопросов защищенной передачи видеоданных (мультимедийных данных).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Преимущества* создания систем видеонаблюдения на базе IP / А.А. Виталисов // Системы безопасности. 2007. №4. С. 34.

2. *Безопасность* и надежность систем IP-видеонаблюдения: мифы и реалии / Г.А. Марков // Системы безопасности. 2008. №4. 58 с.

3. *Запечников С.В., Милославская Н.Г., Толстой А.И.* Основы построения виртуальных частных сетей: Учеб. пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2003. 249 с.

ПОСТРОЕНИЕ МЕЖСЕТЕВОГО ЭКРАНА И VPN-СЕТИ НА ОСНОВЕ MICROSOFT ISA SERVER 2006*

А.Ю. Горковенко, студент 3-го курса

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, gol@rts.tusur.ru

Целью данной работы является разработка политики (правил доступа) межсетевого экрана ISA Server 2006 с использованием его встроенных средств обеспечения информационной безопасности и построение VPN-сети для организации защищенного удаленного доступа к ресурсам кафедральной сети, а также приобретение знаний и навыков, необходимых для установки, настройки и администрирования Microsoft® Internet Security and Acceleration (ISA) Server 2006, рассматриваемого как часть инфраструктуры защиты кафедральной сети.

Сервер Microsoft ISA (Internet Security and Acceleration) Server 2006 – это решение, объединяющее в себе усовершенствованный межсетевой экран уровня приложений, средства организации и управления виртуальной частной сетью и службу кэширования веб-данных, использование которого позволяет повысить эффективность вложений в

* Проект ГПО РТС-0902 – Разработка и создание аппаратно-программных средств защиты в информационных системах. Руководитель проекта – А.М. Голиков, доцент каф. РТС.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

информационные технологии путем повышения безопасности и производительности локальной сети.

Политика доступа межсетевого экрана ISA (известная также как политика брандмауэра) включает правила публикации Web-сервера (Web Publishing Rules), правила публикации сервера (Server Publishing Rules) и правила доступа (Access Rules). Правила публикации Web-сервера и обычного сервера используются для предоставления входящего доступа (inbound access), а правила доступа применяются для управления исходящим доступом (outbound access).

Главная задача брандмауэра ISA – контроль трафика между сетью-источником информации и сетью-адресатом. Политика доступа (Access Policy) брандмауэра ISA позволяет клиентам сети-источника получить доступ к хостам сети-адресата информации, а правила доступа можно сконфигурировать для блокировки соединений хостов исходной сети с хостами сети-адресата. Политика доступа определяет способ доступа хостов к хостам других сетей.

Когда брандмауэр ISA перехватывает запрос на исходящее соединение, он проверяет как сетевые правила, так и правила политики брандмауэра для того, чтобы определить, разрешен ли доступ. Первыми проверяются сетевые правила. Если нет сетевого правила, определяющего преобразование сетевых адресов (NAT) или маршрут между сетью-источником и сетью-адресатом, попытка соединения окажется безуспешной. Это обычная причина неудавшихся соединений, и именно ее следует искать, когда политика доступа приводит к неожиданным результатам.

Правила доступа можно сконфигурировать для определенного исходного или конечного хостов. Клиенты могут быть заданы IP-адресом (например, используя сетевые объекты компьютера или набора компьютеров) или именем пользователя. Брандмауэр ISA обрабатывает запросы по-разному, в зависимости от типа клиента, запрашивающего объект, и варианта настройки правил доступа.

Когда брандмауэр ISA получает запрос на соединение, он, прежде всего, проверяет наличие сетевого правила, определяющего маршрут между сетью-источником информации и сетью-адресатом. Если такого сетевого правила нет, брандмауэр ISA предполагает, что сеть-источник и сеть-адресат не соединены. При наличии правила, определяющего маршрут между ними, брандмауэр ISA обрабатывает правила политики доступа.

После того как брандмауэр ISA подтвердил соединение сети-источника и сети-адресата, рассматривается политика доступа. Брандмауэр ISA обрабатывает правила доступа в политике доступа сверху вниз (системная политика реализуется до выполнения политики доступа, определенной пользователем).

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Если с запросом исходящего соединения связано разрешающее правило (Allow rule), брандмауэр ISA разрешит выполнение запроса. Для выполнения разрешающего правила необходимо, чтобы характеристики соединения в запросе соответствовали характеристикам, определенным в правиле доступа.

В брандмауэр ISA включены следующие элементы политики:

- протоколы;
- наборы пользователей;
- типы содержимого;
- расписания или часы работы;
- сетевые объекты.

Как брандмауэр ISA Server поддерживает множество фильтров, пакетов, каналов и приложений, что позволяет дать доступ только к явно указанным ресурсам в случае необходимости. Используя комбинацию фильтров, можно защитить данные даже тогда, когда протоколы, по которым происходит связь, сами по себе являются небезопасными. Также брандмауэр способен определять вторжение в автоматическом режиме по заранее заданным шаблонам.

HTTP-фильтр (HTTPS-фильтр) брандмауэра ISA – одно из ключевых средств фильтрации и проверки на прикладном уровне, включенных в состав брандмауэра ISA. Этот фильтр позволяет брандмауэру ISA выполнять проверку на уровне приложений всех HTTP-коммуникаций, проходящих через брандмауэр ISA, и блокировать соединения, не отвечающие требованиям защиты протокола HTTP.

Применение HTTP-фильтра основано на правилах, можно использовать различные параметры HTTP-фильтрации в каждом правиле, разрешающем исходящие HTTP-коммуникации. Такой подход обеспечивает тщательный, хорошо настраиваемый контроль над типами соединений, которые могут проходить по HTTP-каналу.

Брандмауэр ISA может обнаруживать и предотвращать наиболее распространенные сетевые атаки:

- **Атаки отказов от обслуживания**

Атаки отказов от обслуживания (Denial-of-service, DoS-атака) особенно популярны у интернет-хакеров, стремящихся нарушить сетевые операции. Хотя эти атаки не разрушают и не крадут данные, как делают некоторые атаки других типов, цель злоумышленника, запускающего атаку DoS, вывести сеть из строя и вызвать отказ от обслуживания ее законных пользователей.

- **SYN-атака/LAND-атака**

SYN-атаки используют «трехстороннее квитирование» («three-way handshake») по TCP-протоколу – процесс, с помощью которого сеанс связи устанавливается между двумя компьютерами. Поскольку

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

TCP-протокол (в отличие от UDP-протокола) ориентирован на соединение, сеанс или прямой канал связи один-к-одному устанавливается прежде, чем посылаются данные. Компьютер клиента инициирует соединение с сервером (компьютер, к ресурсам которого он хочет получить доступ).

• **Ping of Death**

Другой тип DoS-атаки, на обнаружение которой можно настроить ISA Server, – так называемый «Ping смерти» (также известный как «пингование большими пакетами»). Атака «Ping смерти» проводится созданием IP-пакета, большего чем 65 536 байтов, максимума, разрешенного IP-спецификацией (иногда такой пакет называют «пакетом-убийцей»). Он может вызвать аварийный сбой, зависание или перезагрузку системы.

Брандмауэр ISA позволяет включить специальное обнаружение атак «Ping смерти».

• **Teardrop**

Атака Teardrop действует несколько иначе, чем «Ping смерти», но с теми же результатами. Программа Teardrop создает IP-фрагменты, части IP-пакета, на которые он может делиться, путешествуя по Интернету. Проблема заключается в том, что поля смещения (offset fields) в этих фрагментах, которые должны отображать величину порции исходного пакета (в байтах), содержащейся в фрагменте, накладываются друг на друга.

Когда компьютер-адресат попытается повторно собрать эти пакеты, он не сможет этого сделать и аварийно завершит работу, зависнет или выполнит перезагрузку.

У этого типа атаки есть следующие варианты:

− NewTear;
− Teardrop2;
− SynDrop;
− Boink.

Все эти программы создают тот или иной сорт наложения фрагментов.

• **Ping-лавина (ICMP-лавина)**

Ping-лавина (ping flood), или ICMP-лавина (ICMP flood) (Internet Control Message Protocol, протокол управляющих сообщений в сети Интернет), – средство «связывания» определенной машины клиента. Оно создается за счет отправки злоумышленником большого количества ping-пакетов (ICMP-пакетов эхо-запросов) программному обеспечению интерфейса Winsock или набора телефонного номера. Эти действия мешают компьютеру-клиенту отвечать серверу на запросы ping-активности и в конечном итоге приводят к разрыву соединения по истечении допустимого времени ожидания ответа. Симптомом Ping-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

переполнения может служить невероятная активность модема, о чем свидетельствуют его сигнальные лампочки. Иногда этот тип атаки называют ping storm (ping-шторм).

К ping-шторму относится и fraggle-атака («осколочная граната»). Используя ложный IP-адрес подтверждения (spoofed IP address), адрес компьютера-жертвы, злоумышленник посылает ping-пакеты в подсеть, заставляя все компьютеры подсети отвечать по ложному адресу подтверждения, и заваливает его сообщениями эхо-ответов.

• **Smurf-атака**

Smurf-атака – это разновидность атаки «brute force» (атаки грубой силой), использующая тот же метод, что и ping-лавина, но направляющая лавину ICMP-пакетов эхо-запросов на маршрутизатор сети. Адресом назначения ping-пакетов в этом случае служит широковещательный адрес сети, вынуждающий маршрутизатор рассылать пакет всем компьютерам сети или ее сегмента. Это может привести к большому объему сетевого трафика, если имеется много компьютеров-хостов, способных создать перегрузку, вызывающую отказ от обслуживания законных пользователей.

• **UDP-бомба, или UDP-шторм**

• **UDP-атака Snork**

Snork-атака подобна UDP-бомбе. В ней применяется UDP-блок, содержащий порт источника 7 (эхо) или 19 (генерация символов) и порт адресата 135 (средства адресации (location service) фирмы Microsoft). Результат аналогичный – лавина ненужных передач, способных снизить производительность или вызвать аварийный сбой вовлеченных систем.

• **Атака WinNuke (атака Windows Out-of-Band)**

Атака передачи срочных данных (out-of-band, OOB), иногда называемая Windows OOB bug, использует в своих интересах уязвимость сетей Microsoft. Программа WinNuke (и ее разновидности, такие как Sinnerz и Muerte) выполняет передачу экстренных данных, вызывающих аварийный сбой на компьютере-адресате.

• **Атака Mail Bomb**

Атака «почтовая бомба» (mail bomb) – средство переполнения почтового сервера, вызывающее остановку его функционирования и тем самым отказ от обслуживания пользователей. Это относительно простая разновидность атаки, выполняемая с помощью отправки большого массива сообщений электронной почты конкретному пользователю или системе.

• **Сканирование портов**

Сканирование портов – это процесс поиска «слушающих» TCP- или UDP-портов на компьютере или маршрутизаторе и получение от слушающих портов максимума сведений об устройстве. TCP- и UDP-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

сервисы применяют ряд популярных портов (well-known ports), которые широко опубликованы. Хакер использует эти сведения о широко используемых портах для экстраполяции информации.

Например, протокол Telnet обычно использует порт 23. Если хакер обнаружит, что этот порт открыт и ожидает запрос, он догадывается, что на машине, возможно, разрешен Telnet. Затем злоумышленник может попытаться проникнуть в систему, например, подобрав подходящий пароль в ходе атаки грубой силой (brute-force).

Постоянный рост популярности виртуальных частных сетей (VPN) превратил их в стандарт для компаний, имеющих надомных работников, администраторов и продавцов, которым необходим доступ к сети вне офиса, а также партнеров и клиентов, нуждающихся в доступе к ресурсам корпоративной сети. Задача VPN – разрешить удаленный доступ к ресурсам корпоративной сети, которые в противном случае могут быть доступными только при непосредственном подключении пользователя к локальной сети. С помощью VPN-соединения пользователь получает «виртуальное», конфигурацию узел-в-узел, соединение удаленного VPN-пользователя с корпоративной сетью. Пользователь может работать так, как будто он (она) находится в офисе; приложения и сервисы, выполняющиеся на компьютерах пользователей, интерпретируют VPN-линию связи как типичное соединение Ethernet. Интернет, через который клиент соединяется с корпоративной сетью, полностью скрыт от пользователей и приложений (прозрачен для них).

Одно из главных преимуществ применения VPN-соединения по сравнению с клиент-серверным Web-приложением заключается в том, что VPN-пользователи, находящиеся далеко от локальной сети, могут получить доступ ко всем протоколам и серверам корпоративной сети. Программное обеспечение VPN-клиента встроено во все современные операционные системы Windows. VPN-пользователю не нужны никакие специальные программные средства для подключения к любому из этих сервисов и нет необходимости создавать специальные приложения прокси, разрешающие пользователям подсоединяться к этим ресурсам.

ISA Server 2000 был первым брандмауэром корпорации Microsoft, обеспечивающим тесную интеграцию VPN и управление ими. В состав ISA Server 2000 были включены удобные мастера, упрощающие создание VPN-соединений удаленного доступа и межшлюзовых или узел-в-узел VPN-соединений с брандмауэром ISA Server 2000/VPN-сервером. Но сформированную структуру все еще можно было улучшить. VPN-сервер брандмауэра ISA Server 2000 требовал от администратора брандмауэра значительных затрат времени на точную настрой-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ку конфигурации VPN-сервера с помощью консоли сервиса Routing and Remote Access (маршрутизация и удаленный доступ).

В ISA Server 2006 существенно усовершенствованы VPN-компоненты, которые включены в состав брандмауэра из сервиса Routing and Remote Access (RRAS) операционных систем Windows 2000 и Windows Server 2003. Теперь администратор имеет возможность конфигурировать VPN-сервер и шлюзовые компоненты и управлять ими непосредственно на консоли управления брандмауэра ISA Server 2006, не переключаясь между консолью управления ISA MMC и консолью управления RRAS MMC. Вам очень редко понадобится консоль сервиса маршрутизации и удаленного доступа для конфигурирования VPN-компонентов.

К другим усовершенствованиям функциональных возможностей использования VPN в ISA Server 2006 можно отнести следующие:

− политику брандмауэра, применяемую к соединениям VPN-клиентов;

− политику брандмауэра, применяемую к VPN-соединениям конфигурации узел-в-узел;

− VPN-карантин или временную изоляцию;

− отображение пользователей для VPN-клиентов;

− поддержку клиентов SecureNAT для VPN-соединений;

− виртуальную частную сеть конфигурации «узел-в-узел» с применением туннельного режима протокола IPSec;

− публикацию VPN-серверов по протоколу PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol, сквозной туннельный протокол);

− поддержку аутентификации секретным ключом Pre-shared Key для VPN-соединений по протоколу IPSec;

− улучшенную работу сервера имен для VPN-клиентов;

− мониторинг соединений VPN-клиентов.

Эти новые свойства VPN-сервера и шлюза делают ISA 2006 одной из наиболее мощных реализаций как VPN, так и брандмауэров, представленных сегодня на рынке.

Защита границ корпоративной сети предприятия от внешних угроз, контроль входящего и исходящего Интернет-трафика и маршрутизация внутри локальных подсетей являются важными элементами системы безопасности. С каждым разом угроза заражения данных вирусами и уровень хакерских атак на сеть возрастают, а нерадивые пользователи стремятся «обойти» установленные ограничения. Решить задачи по контролю маршрутизации пакетов можно с помощью профессиональных программных брандмауэров.

Одним из таких решений является Microsoft Internet Security and Acceleration Server 2006 (ISA Server). Этот брандмауэр может контро-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

лировать сетевой трафик на пяти уровнях стека протоколов TCP/IP, кроме канального и физического уровней. Он способен контролировать не только заголовки пакетов, но и раскрывать их содержимое, анализировать скрытую информацию. Этой системой также, безусловно, поддерживается контроль адресов пакетов.

ISA Server можно использовать не только как внешний сетевой экран, с помощью которого корпоративная сеть отделяется от Интернета, но также и как контролер Интернет-трафика во внутренней сети. Также ISA Server можно использовать в качестве прокси. Он способен кэшировать содержимое внешних web-узлов. При этом их содержимое будет сохраняться в локальной сети. В случае повторного обращения пользователей к внешнему web-серверу ответ даст ISA Server компании, что существенно разгрузит внешний канал связи. Его кэш достаточно производителен, т.к. содержимое сохраняется не только на жестких дисках, но и в оперативной памяти сервера. При этом сам кэш представляет собой единый индексированный файл, что существенно ускоряет поиск нужной информации. Кэшировать объекты можно по расписанию.

Это полезно если клиенты корпоративной сети часто пользуются одним и тем же сайтом, информация на котором меняется. В этом случае ISA Server может загружать новую версию сайта раз в несколько минут, предоставляя пользователям максимально адекватную времени информацию. В случае если на предприятии используются несколько ISA Server'ов, между ними можно распределить задачи по кэшированию.

Располагая ISA Server на границе корпоративной сети и внешнего Интернета, можно использовать его как брандмауэр. В этом случае внешний адрес присваивается только ISA Server'у, который проводит безопасную идентификацию внешних пользователей и осуществляет их связь с внутренними серверами компании. При этом внутренние серверы компании не видны из Интернета, но прошедшие проверку пользователи могут получить доступ к их сервисам.

ISA Server имеет очень гибкий инструмент по настройке внутренней и внешней сетевой топологии. Этот элемент является важным, т.к. позволяет отделить внутренние сети от внешних и применять различные политики доступа к различным сетевым сегментам. Компьютеры объединяются в группы в соответствии с диапазонами адресов, что позволяет в настройках ISA Server'а создать максимально точную модель корпоративной сетевой топологии. Поэтому можно управлять потоками данных не только между внутренней сетью и внешним Интернетом, но и между отдельными сетевыми сегментами предприятия.

Итак, Microsoft Internet Security and Acceleration Server 2006 (ISA Server) предлагает интуитивно понятный и гибкий инструментарий,

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

который можно успешно и эффективно использовать для защиты локальной сети. В ходе работы с ISA Server была разработана методика по созданию политики межсетевого экрана, которая основана на использовании лишь тех протоколов, которые необходимы для нормальной работы в сети Интернет, и блокировании остальных протоколов, снижающих общий уровень защиты сети. Политика предназначена для пользователей сети, занимающихся, в основном, веб-серфингом и работой с электронной почтой. Например, фильтр HTTP может быть настроен так, чтобы запретить пользователям загружать файлы с определенными расширениями (*.exe, *.bat и т. д.), так как эти файлы могут содержать в себе вирусы, троянские программы или сценарии, способные нанести вред используемой операционной системе или локальной сети и серверу в целом. Также HTTP-фильтр позволяет задать адреса сайтов, к которым необходимо запретить доступ или, задействовав контроль и анализ содержимого, блокировать сайты с определенным контентом.

Помимо разработки политики межсетевого экрана, с помощью предлагаемых функциональных средств ISA Server 2006, построена становящаяся сегодня все более актуальной VPN-сеть, позволяющая получить доступ (используется имя пользователя и пароль или иной способ проверки подлинности пользователя) к ресурсам локальной сети кафедры из дома или другого удаленного места, не имеющего непосредственного подключения к локальной сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шиндер Томас В., Шиндер Дебра Л.. ISA Server 2004. СПб: БХВ-Петербург, 2005. 1064 с.
2. http://www.microsoft.com
3. http://www.isadocs.ru
4. http://www.isaserver.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОСТЕЙШЕЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ

А.И. Кураленко, В.В. Гордеев, А.А. Матвеев –
студенты 4-го курса; В.Ю. Гущин, аспирант каф. РЗИ;
Ю.В. Гриняев, науч. рук., д.ф-м.н, проф.
г. Томск, ТУСУР, Gitchy@sibmail.com

Нечёткая логика и теория нечётких множеств – раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств.

В настоящее время существует, по крайней мере, два основных направления научных исследований в области нечеткой логики:

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

– нечеткая логика в широком смысле (теория приближенных вычислений);

– нечеткая логика в узком смысле (символическая нечеткая логика).

Теория приближенных вычислений. Основное понятие нечеткой логики в широком смысле – нечеткое множество, определяемое при помощи обобщенного понятия характеристической функции. Затем вводятся понятия объединения, пересечения и дополнения множеств (через характеристическую функцию; задать можно различными способами), понятие нечеткого отношения, а также одно из важнейших понятий – понятие лингвистической переменной. Вообще говоря, даже такой минимальный набор определений позволяет использовать нечеткую логику в некоторых приложениях, для большинства же необходимо задать ещё и правило вывода (и оператор импликации) [1].

С помощью нечеткой логики была реализована программа «Построение системы защиты» (таблица).

При построении системы защиты формируются так называемые зоны последовательных рубежей защиты. При нарушении этих зон угрозы будут обнаружены. Эффективность таких систем защиты будет оцениваться как время, которое потребуется злоумышленнику для последовательного преодоления всех зон безопасности объекта. Границы зон не должны иметь незащищенных объектов.

Система защиты

Название зоны	Что входит в зону
Зона 1	Периметр территории
Зона 2	Периметр здания
Зона 3	Территория приема носителей
Зона 4	Служебное помещение
Зона 5	Особо важные помещения
Зона 6	Сейфовые комнаты

Степени защищенности каждой зоны ставится в соответствие оценка от 0 до 10. Получаем таким образом 6 лингвистических переменных, которые являются входными для данной программы, реализуемой в пакете FUZZY LOGIC в среде MATLAB. В данной программе используется алгоритм Mamdani [2].

Каждая переменная может иметь значение одного из трех термов (оценок зон безопасности), каждому из которых мы ставим в соответствие функцию принадлежности, т.е. нечеткое множество. Степень влияния защищенности каждой зоны на защищенности объекта в целом описывается посредством установки нечетких правил.

Каждой зоне безопасности присваивается степень важности, т.е. существуют приоритетные зоны, которые в большей степени влияют на общую безопасность. Такой приоритет реализуется посредством

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

установки нечетких правил. Данная программа на основе входных данных, т.е. тех оценок, которые соответствуют зонам системы безопасности, определяет в процентах степень защищенности объекта.

Программа, созданная с использованием алгоритмов нечеткой логики, позволяет, меняя оценку для каждой зоны защиты, получить степень защищенности объекта в процентах. А это немаловажно, особенно на режимных объектах, где система защиты состоит из нескольких последовательно расположенных рубежей. Данная программа является эффективной для простейших случаев. Для более серьезного объекта, необходимо написать более сложное отражающее все малейшие детали приложение.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рутковская Д., Рутковский Л.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячие линии – Телеком, 2006. 452 с.

2. *Барский А.Б.* Нейронные сети: распознавание, принятие решений, управление. М.: Финансы и статистика, 2004. 179 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АДМИНИСТРИРОВАНИЯ СЕТЕВЫХ ФУНКЦИЙ Windows Server 2008*

В.С. Карякин, студент 4-го курса

г. Томск, ТУСУР, РТФ, каф. РТС, gol@rts.tusur.ru

Цель работы: разработка методики администрирования сетевых функций в Server 2008.

Среди многочисленных новых и улучшенных возможностей Microsoft Windows Server 2008 наиболее важную роль играют изменения, связанные с работой в сети. Эти обновления представляют самый большой набор изменений со времени выпуска Windows Server в 1990-х годах. Они помогают ИТ-администраторам обеспечивать большую безопасность, надежность и масштабируемость работы в сети.

Центральное место среди этих улучшений принадлежит «стеку TCP/IP следующего поколения», который представляет собой важное обновление функциональных возможностей Windows TCP/IP, соответствующих служб и интерфейсов прикладного программирования. Стек TCP/IP следующего поколения представляет полнофункциональную архитектуру, отвечающую потребностям подключения и производи-

* Проект ГПО РТС-0741 – Разработка и создание аппаратно-программных средств защиты в информационных системах. Руководитель проекта – А.М. Голиков, доцент каф. РТС.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

тельности различных современных сетевых сред и технологий. В то же время расширяемость нового стека TCP/IP обеспечивает гибкость при адаптации новых сетевых стандартов и удовлетворении потребностей заказчиков в будущем.

К изменениям и улучшениям сетевых протоколов и базовых компонентов в Windows Server 2008 относятся следующие:

- новая двойная архитектура IP стека TCP/IP для универсальной поддержки IPv4 и IPv6;
- интеллектуальные алгоритмы автоматической настройки и оптимизации сети;
- безопасность сетевых узлов и улучшения IPsec;
- интегрированная поддержка аппаратной разгрузки сети и технологий ускорения;
- упрощенное управление и сетевая диагностика;
- набор интерфейсов прикладного программирования, обеспечивающих разнообразные возможности расширения.

Администраторы Windows Server получат следующие преимущества благодаря использованию этих сетевых инноваций и улучшений.

Для того чтобы помочь администраторам противостоять постоянно растущему количеству сетевых угроз, Windows Server 2008 включает целый ряд улучшений безопасности сетевых узлов. Как часть общей стратегии многоуровневой защиты, эти функции составляют основу нескольких ключевых решений в области сетевой безопасности на основе политик, таких как: изоляция сервера и домена (EN), защита доступа к сети (NAP) (EN), а также безопасная беспроводная ЛВС (EN):

- Улучшенный межсетевой экран Windows поддерживает фильтрацию входящих и исходящих пакетов, а также интегрированную функциональность IPsec.
- Упрощенная конфигурация политики IPsec с расширенными методами проверки подлинности, полная поддержка IPv4 и IPv6, а также интеграция с защитой доступа к сети.
- Новые параметры групповой политики для управления безопасностью проводного и беспроводного подключения.
- Разнообразные интерфейсы прикладного программирования для проверки сетевых пакетов и более безопасные приложения на базе Windows Sockets.

Благодаря обновленным интеллектуальным алгоритмам, Windows Server 2008 автоматически настраивает параметры сетевого подключения для максимального повышения пропускной способности и производительности. Это приводит к ускоренной передаче данных, лучшему использованию пропускной способности сети и повышенной надежности подключения. Windows Server 2008 динамически настраивает подключение с учетом конкретных условий, включая следующие.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

• **Доступная полоса пропускания и время ожидания** – средство автоматической настройки TCP Receive Window Auto-Tuning динамически настраивает размер принимающего буфера TCP, используемого для хранения входящих данных, с целью повышения пропускной способности, особенно по ссылкам с высокой пропускной способностью и продолжительным временем ожидания.

• **Перегрузка сети** – для лучшего использования пропускной способности сети средство Compound TCP (CTCP) значительно увеличивает количество отправляемых одновременно данных с помощью наблюдения за продуктом, вызывающим снижение производительности, вариантами задержки и потерей пакетов.

• **Среды с высоким уровнем потери пакетов** – поддержка нескольких алгоритмов оптимизации сети на основе стандартов, таких как быстрое восстановление TCP, параметр TCP Selective Acknowledge (SACK) и Forward RTO-Recovery, обеспечивает повышенную надежность и быстрое восстановление в средах с высоким уровнем потери пакетов, таких как беспроводные сети.

• **Сбои при маршрутизации пути** – улучшенные механизмы обнаружения и повышения отказоустойчивости неработающих шлюзов и перегруженных маршрутизаторов повышают скорость восстановления и гибкость маршрутизации.

Для того чтобы сохранить высокий темп удовлетворения требований, предъявляемых ИТ-инфраструктуре, необходима возможность масштабирования сетевых ресурсов. Windows Server 2008 обеспечивает расширенное масштабирование сети благодаря улучшенной поддержке многогигабитных сетей, технологиям повышения быстродействия и разгрузки сети, управлению полосой пропускания на основе политик и использованию интернет-протоколов следующего поколения.

• Разгрузка обработки сетевых пакетов с помощью специализированных сетевых адаптеров, в которых применяется TCP Offload Engine (TOE) и другие технологии ускорения работы в сети, включая поддержку Gigabit IPsec Task Offload.

• Оптимизация и расстановка приоритетов использования полосы пропускания с помощью политик качества службы (QoS) на уровне узлов, управляемых с помощью Active Directory.

• Включение новых сценариев и способов подключения за счет всесторонней поддержки IPv6, в том числе технологий перехода, таких как протокол ISATAP.

• В целом новые и обновленные функции для работы в сети в Windows Server 2008 создают основу для более защищенной, надежной и масштабируемой платформы, удовлетворяющей потребности подключения сегодняшнего и завтрашнего дня.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Чекмарев А.П., Вишневский А.В., Кокорева О.И.* Microsoft® Windows Server 2003. Русская версия / Под общ. ред. А.Н. Чекмарева. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 1120 с.

АДАПТАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО КОДА В СЕТЯХ WIMAX ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АБОНЕНТСКОЙ СТАНЦИИ

П.В. Колесниченко, магистр каф. МЭС

г. Москва, Московский технический университет связи и информатики, o_v_ch@mail.ru

Несмотря на большое разнообразие в настоящее время различных сетей связи, как проводных, так и беспроводных, все большее распространение получают сети WiMAX, основанные на стандартах IEEE 802.16 и IEEE 802.16e (Mobile WiMAX). Популярность WiMAX обусловливается высокой скоростью обмена данными (до 70 Мбит/с) при устойчивости к многолучевому распространению сигнала и собственным помехам. Кроме того, за счет использования технологии OFDM обеспечиваются наивысшая спектральная эффективность, возможность работы вне прямой видимости, высокая дальность связи, масштабируемая пропускная способность канала и т.д.

При построении сетей WiMAX одной из актуальных и до конца нерешенных задач является поиск алгоритмов выбора схемы пространственно-временного кодирования в канале связи с замираниями при наличии у мобильных абонентов высоких скоростей движения. С целью установления эффективных пространственно-временных кодов в работе методом компьютерного моделирования найдены оценки потерь помехоустойчивости различных схем пространственно-временного кодирования: Аламоути 2x1 и расширенный Аламоути 4x1 для высоких (до 100 км/ч и выше) скоростей движения абонентской станции. На основе проведенного анализа предложен новый алгоритм адаптации пространственно-временного кода в зависимости от изменения скорости движения абонентской станции. Экспериментально выполнена оценка его характеристик, для чего в соответствии с требованиями стандарта IEEE 802.16e на языке высокого уровня C++ разработана компьютерная модель, включающая OFDM модулятор и канал распространения, построенный с учетом многолучевости, замираний и аддитивного белого гауссовского шума. Показано, что по своим характеристикам синтезированный алгоритм существенно превосходит имеющиеся аналоги.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Полученные результаты позволяют рекомендовать предложенную в работе технологию адаптации к применению в аппаратуре базовых станций WiMAX, UMTS LTE для увеличения пропускной способности и емкости прямого канала связи (от базовой станции к мобильной). Также найденные решения могут быть использованы при разработке новых стандартов сотовой связи в процессе стандартизации протоколов.

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ТЕРМИНАЛЬНОГО СЕРВЕРА НА ПЛАТФОРМЕ Windows Server 2008*

А.А. Котельников, студент 4-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, gol@rts.tusur.ru

Целью проекта является создание терминального доступа на базе программного обеспечения Microsoft Windows Server 2008. Данная система ориентирована на студентов и преподавателей кафедры, в которой каждый из пользователей имеет определенные права доступа к ресурсам сервера кафедры.

Задачей данного проекта является разработка методических указаний для организации терминального доступа, которые могли бы помочь в настройках начинающим администраторам компаний, а также организации данной системы на кафедре РТС нашего университета.

Внедрение средств терминального доступа в последнее время вызывает немалый интерес у руководителей многих компаний – ведь эта категория продуктов при грамотном применении способна обеспечить значительное снижение как затрат на сопровождение корпоративного программного обеспечения, так и издержек на регулярное обновление аппаратного обеспечения.

Терминальный сервер, сервер терминалов (англ. terminal server), – сервер, предоставляющий клиентам вычислительные ресурсы (процессорное время, память, дисковое пространство) для решения задач. Технически терминальный сервер представляет собой очень мощный компьютер (либо кластер), на котором хранится и обрабатывается вся информация (программы, файлы пользователей и др.). Сервер соединен по сети с терминальными (тонкими) клиентами – как правило, маломощные или устаревшие рабочие станции, которые используются

* Проект ГПО РТС-0741 – Разработка и создание аппаратно-программных средств защиты в информационных системах. Руководитель проекта – А.М. Голиков, доцент каф. РТС.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

исключительно как узел ввода/вывода информации. Терминалы хорошо справляются с большинством офисных задач (создание и редактирование документов в стандартных офисных программах, электронные таблицы, работа с базами данных и системами автоматизации, в т.ч. с ERP-системами, работа с Интернетом и электронной почтой, обучающие программы, бухгалтерские приложения и пр.).

Современные средства терминального доступа, применяющиеся на персональных компьютерах, специализированных терминальных рабочих станциях и карманных устройствах, основаны на похожем принципе централизации вычислений и коллективизации ресурсов. Пользователь в этом случае запускает на рабочей станции клиентскую часть средства терминального доступа и с его помощью обращается к удаленному компьютеру-серверу, содержащему соответствующую серверную часть данного средства. При успешной аутентификации серверная часть средства терминального доступа создает для пользователя собственный сеанс работы, в котором либо им самим вручную, либо автоматически (это зависит от настроек сеанса и от прав доступа) в адресном пространстве сервера запускаются нужные ему приложения.

Пользовательский интерфейс запущенных таким образом приложений доступен пользователю рабочей станции в окне клиентской части средства терминального доступа, и тот может с помощью клавиатуры и мыши рабочей станции управлять данным приложением – сведения о нажатых клавишах и движении мыши (а нередко и содержимое буфера обмена) передаются сеансу данного пользователя на сервере, а обратно поступают изменения в пользовательском интерфейсе приложения. По окончании сеанса пользователя все выполнявшиеся в нем приложения закрываются.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://oszone.ru

2. *Грейсон Митчем.* Полное руководство по терминальным службам Win2008 Server.

3. http://intuit.ru

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

УЧЕБНЫЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ФИРМЫ «АКТАКОМ»*

И.Ю. Ляпин, студент 4-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, gol@rts.tusur.ru

Общепрофессиональная и специальная подготовка студентов предполагает сегодня широкое использование виртуальных лабораторий. Существует несколько направлений по которым можно вести работу в отношении виртуальных приборов:

– Лабораторные работы, все этапы которых моделируются на компьютере.

– Лабораторные работы, в процессе выполнения которых используются реальные сигналы измерительной информации, поступающие от программно-управляемых средств измерений, снабженных стандартными интерфейсами, например, GPIB или RS-232. Для ввода этих сигналов в компьютер служат типовые универсальные платы ввода-вывода.

– Лабораторные работы, посвященные собственно созданию виртуальных приборов. В процессе выполнения этих работ студент, используя заготовленные программные модули-блоки, объединяет их в соответствии с заданием и настраивает виртуальный прибор.

Лабораторный комплекс позволяет произвести изучение функциональных особенностей комбинированных виртуальных приборов на примере АСК-4106, с помощью которого можно осуществлять электро- и радиоизмерения совместно с приборами генерации, приема и преобразования сигналов, не связанными с ПК.

В состав АСК-4106 входят осциллограф и генератор со следующими характеристиками:

Параметры осциллографа:

– частота дискретизации 10 ГГц (стробоскопический режим);

– частота дискретизации 100 МГц (режим реального времени);

– коэффициент вертикального отклонения 2 мВ/дел...10 В/дел с шагом 1–2–5;

– частотный диапазон по уровню –3 дБ: 0 Гц...100 МГц (DC), 1,2 Гц ... 100 МГц (AC);

– входное сопротивление 1 МОм или 50 Ом;

– максимальное входное напряжение ±50 В (нагрузка 1 МОм).

---

* Проект ГПО РТС-0742 – Разработка и создание аппаратно-программных средств защиты информации в сетях и системах радиосвязи. Руководитель проекта – А.М. Голиков, доцент каф. РТС.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Параметры генератора:

– генерация стандартных форм сигнала: прямоугольный, синус, треугольный, пилообразный, вспышка;

– встроенный редактор сигналов произвольной формы;

– внутренний/внешний запуск;

– максимальная амплитуда выходного сигнала ±2,5 В;

– минимальное сопротивление нагрузки 50 Ом;

– максимальная частота формирования значений выходного сигнала 80 МГц.

Кроме того, прибор может использоваться и в качестве универсального измерительного комплекса, программное обеспечение к которому поставляется как отдельная опция под торговой маркой АСК-4106 РО7.

Программное обеспечение режима измерительного комплекса АСК 4106 РО7 содержит следующие функции:

– одновременное управление обоими модулями АСК-4106; (генератор и осциллограф) в автоматическом или пошаговом режиме для измерения: амплитудной характеристики, амплитудно-частотной характеристики, фазочастотной характеристики;

– сохранение результов измерений в базе данных и в текстовом виде в таблице;

– возможность сохранить результаты измерений в текстовый файл для экспорта в другое приложение;

– выбор формы испытательного сигнала (синусоидальная, прямоугольная, импульс или произвольная функция, а также список точек, каждая из которых определяется частотой и амплитудой испытательного сигнала);

– курсорные измерения (абсолютные и относительные);

– произвольное и автоматическое масштабирование по обеим осям;

– переключение типов осей (линейная, логарифмическая, по опорному уровню);

– независимая произвольная настройка цветовой схемы графиков.

Еще одна дополнительная опция АСК-4106 РО5 содержит следующие функции:

– произвольное масштабирование отображаемых данных, дополнительный обзорный график;

– вычисление фазового сдвига между каналами;

– режим цифрового вольтметра;

– автоматическое измерение параметров фронтов и импульсов;

– спектральный анализ (БПФ) и спектральная цифровая фильтрация сигнала;

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

– вычисление специальных функций;

– статистические вычисления и гистограмма распределения вероятности;

– режим управляемой эмуляции сигналов;

– встроенный калькулятор формул.

Работа с виртуальными приборами дает выигрыш во времени и затрачиваемых усилиях, а также позволяет производить измерения с большей точностью, чем на оборудовании, не связанном с ПК.

Совмещение в одном приборе источника испытательных сигналов и прибора для наблюдения и измерения выходных параметров проверяемого электронного устройства превращает АСК-4106 в мощную наладочную и измерительную станцию при экономии пространства на рабочем месте. Синхронизация работы осциллографа, оснащенного режимом анализатора спектра на основе БПФ, и генератора позволяет реализовать измерения, которые ранее были под силу только специализированным приборам. Например, АСК-4106 имеет специальные программные окна, реализующие функцию построения амплитудно-частотных и вольт-амперных характеристик тестируемых электронных компонентов.

Данный прибор позволяет проводить лабораторные работы для студентов, не прибегая к использованию другой аппаратуры. Для проведения лабораторных работ необходимо иметь под рукой лишь ПК с установленным на нем программным обеспечением от фирмы АКТАКОМ и, конечно же, сам прибор, имеющий малый вес и компактный размер.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.aktakom.ru/
2. http://www.kip.tomsk.ru/

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ СЕРВЕРА Windows Server 2003*

К.В. Лыскова, студентка 3-го курса

г. Томск, ТУСУР, РТФ, gol@rts.tusur.ru

Целью данной работы является создание лабораторного комплекса для исследования механизмов защищенности сервера Windows Server 2003.

---

* Проект ГПО РТС-0902 – Разработка и создание аппаратно-программных средств защиты в информационных системах. Руководитель проекта – А.М. Голиков, доцент каф. РТС.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Аутентификация – это проверка того, что данное лицо соответствует опознавательным данным, которые он предъявляет; тем самым, аутентификация является основным компонентом системы безопасности Windows Server 2003. Она подтверждает опознавательные данные пользователя, который хочет выполнить вход на компьютер, в сеть или домен. Используя Active Directory, Windows Server 2003 поддерживает единый вход для доступа ко всем сетевым ресурсам. Это позволяет пользователю выполнять вход в домен с помощью единственного пароля или смарт-карты и аутентифицироваться для любого ресурса в домене.

Аналогично Windows 2000 и Windows XP система Windows Server 2003 может защищать данные на дисках формата NTFS с помощью EFS. EFS не работает на дисках, отформатированных с помощью FAT32. При шифровании файла ему присваивается уникальный ключ шифрования, с помощью которого можно дешифровать его данные. Этот ключ шифрования затем шифруется с помощью открытого ключа данного пользователя. Ключ шифрования файла защищается также открытым ключом других пользователей, которым были предоставлены полномочия на дешифрование этого файла, а также назначенного агента восстановления. Важно также понять, что когда шифрованные с помощью EFS файлы передаются через сеть, они не защищены, если не реализован IPSec.

В данной лабораторной работе рассмотрен порядок настройки защищенного с помощью протокола IPSec соединения между клиентом и сервером. Целью работы является настройка протокола IPSec для шифрования всех данных, передаваемых между указанным сервером и рабочей станцией. Для работы с политиками IPSec существует оснастка IPSecurity Policy Management. Настройку производят с помощью доменной политики.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://service.awwa.ru/stati/microsoft/windows/server/2003/ Проектирование доменов и развертывание Active Directory.

2. *Макин Дж. С., Маклин Йен.* Внедрение, управление и поддержка сетевой инфраструктуры Windows Server 2003.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СИСТЕМЫ ВИДЕОМОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ СОТОВОЙ СВЯЗИ*

Н.В. Макаров, студент 3-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, gol@rts.tusur.ru

Цель работы – аналитический обзор методов передачи видеосигнала на расстоянии, а также изучение существующих типов камер видеонаблюдения и разработка линейки систем видеонаблюдения, основанных на передаче видеосигнала по каналам GPRS/ISDN. Сравнение с существующими системами IP-видеонаблюдения и системами, использующими аналоговые камеры.

Цифровое видеонаблюдение, представляющее собой автономную систему, которая включает запись при заранее заданных условиях (движение в поле зрения камеры, свет, шум), идеально для установки на складах, охраняемых территориях или даже в рефрижераторах дальнего следования. Запись ведется на удаленный носитель, поэтому риск кражи видеозаписи полностью отсутствует.

Сотовая сеть. Передача изображения по мобильным телефонам – возможность привлекательная, особенно на фоне доступных сегодня технологий. Мобильный телефон с модемом в комбинации с ноутбуком легко можно дополнить программными и техническими средствами, необходимыми для обеспечения беспроводной связи и передачи изображений.

Цифровая сеть дает хорошую помехозащищенность, быстро растет, и роуминг доступен в большинстве промышленно развитых стран.

Системы охранного видеонаблюдения. Изучив рынок доступных на сегодняшний момент решений в области охранного видеонаблюдения, с учетом выбранного способа передачи данных по каналам GPRS/ISDN, мною разработано несколько моделей систем охранного наблюдения, в зависимости от типа используемого оборудования. Это системы:

- На основе автономного видеорегистратора.
- С использованием в качестве видеорегистратора обычного персонального компьютера с платой видеозахвата и USB GPRS модемом.
- Охранная система с использованием SMS в качестве оповещения о сигнале тревоги.

* Проект ГПО РТС-0901 – Разработка и создание аппаратно-программных средств защиты информации в сетях и системах радиосвязи. Руководитель проекта – А.М. Голиков, доцент каф. РТС.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Система на базе автономного видеорегистратора. Начнем обзор приведенных выше систем с системы, созданной на основе использования автономного видеорегистратора.

Ниже на рис. 1 приведена примерная схема данной системы.

Количество ПК, подключенных к центральному серверу, можно изменять в соответствии с поставленной задачей и особенностями заказчика. Также можно изменять количество подключенных видеокамер. Максимальное количество видеокамер для данного видеорегистратора – 4. Если требуется охват большей территории, а соответственно, большее количество видеокамер, необходимо использовать соответствующий видеорегистратор. Принцип работы данной системы заключается в следующем: сигнал поступает по кабельной линии на автономный видеорегистратор, где конвертируется в формат MPEG-4, а затем по каналу ISDN, которым оснащен данный видеорегистратор, пересылается на центральный сервер. Используемое оборудование: 2 проводные уличные видеокамеры JK-213, 2 проводные миниатюрные камеры JK-927, автономный видеорегистратор DSDVDR-410, 1 более мощный компьютер в качестве центрального сервера и 3 ПК средней производительности.

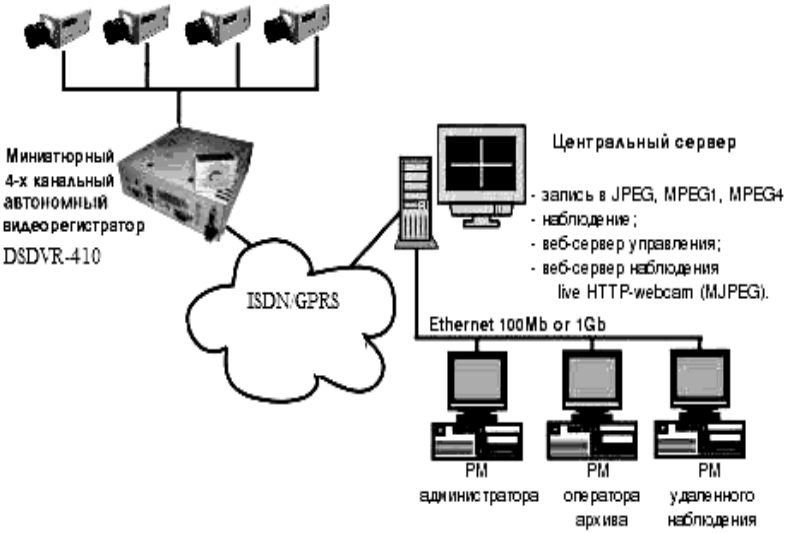


Рис. 1. Схема организации системы охранного видеонаблюдения с использованием автономного видеорегистратора DSDVR-410

Далее в табл. 1 и 2 приведены характеристики используемого оборудования.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Таблица 1

Технические характеристики системы

Система видеонаблюдения	На базе автономного видерегистратора
Операционная система	Embedded Linux
Диапазон частот, МГц	880-960/1710-1880
Количество видеовходов	4
Сжатие	MPEG4
Ширина канала, кГц	200
Максимальная скорость передачи, кбит/с	384
Защита данных	Стандартные алгоритмы шифрования, применяемые в сетях GSM

Таблица 2

Технические характеристики системы

Система видеонаблюдения	На базе ПК с платой видеозахвата
Операционная система	Windows 2000/XP
Диапазон частот, МГц	880-960/1710-1880
Количество видеовходов	4
Сжатие	MPEG4 или H.264
Ширина канала, кГц	200
Максимальная скорость передачи, кбит/с	384/3096
Защита данных	Стандартные алгоритмы шифрования, применяемые в сетях GSM

Система на базе ПК с платой видеозахвата. Далее рассмотрим охранную систему на базе персонального компьютера с платой видеозахвата. Примерная схема данной охранной системы приведена на рис. 2.

Для того чтобы иметь возможность сравнить ее с предыдущей системой, обеспечим то же оборудование и характеристики видеоизображения.

GSM-сигнализация. В завершение рассмотрим охранную систему без передачи видео, но с использованием сети GSM. Эта система оповещает владельцев и/или пост милиции о сигнале срабатывания датчиков. Примерная архитектура данной системы приведена ниже на рис. 3.

Как видно из данного рисунка, количество датчиков и их назначение может быть различным и меняться в зависимости от предъявленных к системе требований.

Основными плюсами данной системы являются ее стоимость, простота. К недостаткам можно отнести отсутствие видеоизображения, а также возможность заглушить сигнал GSM с помощью обычной

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

заглушки. Для предотвращения таких случаев необходима самопроверка систем – посыл вызова либо отправка СМС на определенный номер приблизительно раз в минуту.

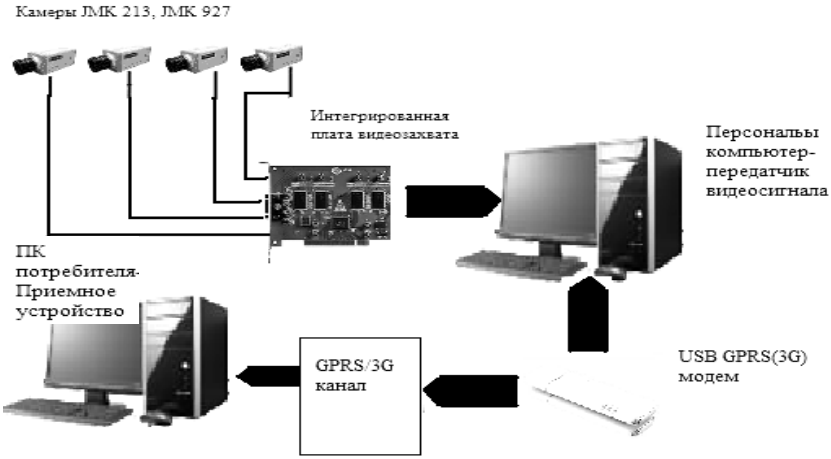


Рис. 2. Схема системы видеонаблюдения на базе ПК

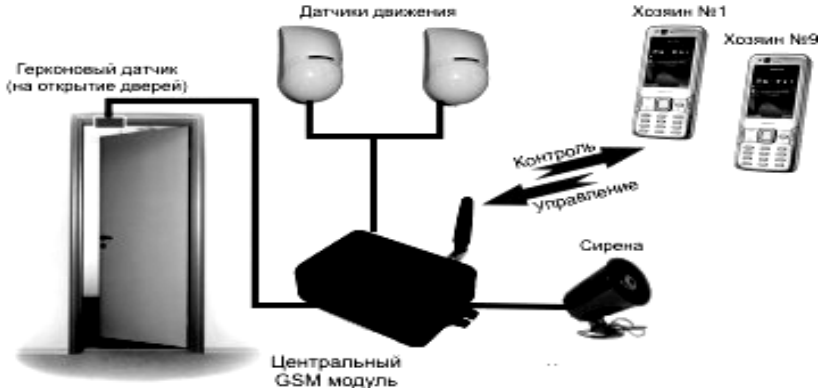


Рис. 3. Пример системы gsm сигнализации: охранная сигнализация с передачей сигнала тревоги на мобильный телефон хозяина

Обеспечение безопасности. Система GSM имеет множество особенностей в плане безопасности, которые разработаны, чтобы предоставить абоненту и сетевому оператору больший уровень защиты от мошеннической деятельности. Механизмы аутентификации гарантируют, что только добросовестным абонентам, обладающим добросовестным оборудованием, т.е. не украденным или нестандартным, будет предоставлен доступ сети. Как только связь установлена, информация

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

в линии связи передается в зашифрованной форме, во избежание подслушивания. Конфиденциальность каждого абонента защищена, гарантирована тем, что его личность и местоположение защищены.

Заключение. В результате выполнения работы была изучена информация по способам и методам передачи видеосигнала на расстоянии, изучен рынок оборудования доступного на сегодняшний момент. В течении осеннего семестра 2009–10 были разработаны несколько систем охранного видеонаблюдения с учетом специфики поставленной задачи: передача данных через каналы GPRS/ISDN. Преимущество данных каналов заключается в том, что они позволяют передавать данные практически из любой точки страны. Сегодня сетями GSM охвачена практически вся территория РФ, тогда, как Wi-Fi, umts только начинают внедряться в нашей стране.

Предложены три системы охранного видеонаблюдения:

- На основе автономного видеорегистратора.
- С использованием в качестве видеорегистратора обычного персонального компьютера с платой видеозахвата и USB GPRS модемом.
- Охранная система с использованием SMS в качестве оповещения о сигнале тревоги.

У каждой системы есть свои достоинства и недостатки, также есть возможность модернизации этих систем под различные требования. Достоинствами представленных выше систем являются:

- Простота установки.
- Возможность расширения охранной системы путем добавления количества камер.
- Видеосигнал передается в формате MPEG-4, что обеспечивает лучшее качество и снижает количество затрачиваемого трафика.

Такие системы идеально подойдут для обеспечения безопасности небольших территорий: загородных домов, гаражей, небольших складов, находящихся в местах, где невозможно использовать для передачи данных другие способы.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.bezpeka.ru/
2. http://www.spycams.ru
3. http://vision4you.ru
4. http://www.nclabs.ru
5. http://www.accordsb.ru
6. http://www.cnews.ru
7. *Демьяновски Владо.* CCTV. Библия охранного телевидения: Пер. с англ. М.: ООО «Ай-Эс-Пресс», 2003. 344 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ЗАЩИЩЕННОГО СЕРВЕРА С ТЕРМИНАЛЬНЫМ ДОСТУПОМ НА ОСНОВЕ WINDOWS SERVER 2003

А.А. Матросов, студент 5-го курса РТФ;
А.М. Голиков, науч. рук. ГПО, доцент
г. Томск, ТУСУР, nolpix@sibmail.com

Целью данной работы является создание защищенного сервера с терминальным режимом для предоставления пользователям доступа к ресурсам и приложениям данного сервера.

Создание доменной структуры в Windows Server 2003 (развертывание службы Active Directory)

Active Directory – совместимая реализация интеллектуальной службы каталогов корпорации Microsoft для операционных систем семейства Windows NT. Active Directory позволяет администраторам использовать групповые политики для обеспечения единообразия настройки пользовательской рабочей среды, развёртывать ПО на множестве компьютеров (через групповые политики или посредством Microsoft Systems Management Server 2003 (или System Center Configuration Manager)), устанавливать обновления ОС, прикладного и серверного ПО на всех компьютерах в сети (с использованием Windows Server Update Services (WSUS); Software Update Services (SUS) ранее). Active Directory хранит данные и настройки среды в централизованной базе данных. Сети Active Directory могут быть различного размера: от нескольких сотен до нескольких миллионов объектов.

Каждый объект представляет отдельную сущность – пользователя, компьютер, принтер, приложение или общую сетевую папку – и его атрибуты. Объекты могут также быть контейнерами для других объектов. Объект уникально идентифицируется своим именем и имеет набор атрибутов – характеристик и данных, которые объект может содержать; последние, в свою очередь, зависят от типа объекта. Атрибуты являются составляющей базовой структуры объекта и определяются в схеме. Схема определяет, какие типы объектов могут существовать в AD.

Сама схема состоит из двух типов объектов: объекты классов схемы и объекты атрибутов схемы. Один объект класса схемы определяет один тип объекта Active Directory (например, объект «Пользователь»), а один объект атрибута схемы определяет атрибут, который объект может иметь.

Каждый объект атрибута может быть использован в нескольких разных объектах классов схемы. Эти объекты называются объектами схемы (или метаданными) и позволяют изменять и дополнять схему,

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

когда это необходимо. Однако каждый объект схемы является частью определений объектов Active Directory, поэтому деактивация или изменение этих объектов могут иметь серьёзные последствия, так как в результате этих действий будет изменена структура AD. Изменение объекта схемы автоматически распространяется в Active Directory. Будучи однажды созданным, объект схемы не может быть удалён, он может быть только деактивирован. Обычно все изменения схемы тщательно планируются.

Служба терминалов. Сервер терминалов операционной системы Windows Server 2003 позволяет с удаленных клиентских компьютеров получить через сеть доступ к приложениям, установленным на сервере.

Сервер терминалов позволяет доставлять приложения Windows или рабочий стол виртуально на любое устройство, даже если оно не запускает у себя Windows.

Терминальный сервер может расширить возможности распространения программного обеспечения. При работе пользователя с сервером терминалов приложение выполняется на сервере, а по сети передаются только события клавиатуры, мыши и отображаемая информация. Пользователи видят только свои индивидуальные сеансы, которые управляются операционной системой независимо от других сеансов.

Сервер терминалов обеспечивает шифрование канала связи. Для аутентификации соединений со службами терминалов и шифрования коммуникаций с сервером терминалов применяется Secure Sockets Layer (SSL) / Transport Layer Security (TLS).

SSL – протокол шифрованной передачи данных между клиентом и сервером, который требует сертификата, выданного одним из авторизованных центров. TLS – криптографический протокол, который обеспечивает безопасную передачу данных между узлами в сети Internet. Различие между SSL 3.0 и TLS 1.0 незначительные, поэтому, как правило, термин «SSL» относится к ним обоим. SSL, используя криптографию, предоставляет возможности аутентификации и безопасной передачи данных через Internet.

SL включает в себя три основных фазы:

- диалог между сторонами, целью которого является выбор алгоритма шифрования; обмен ключами на основе криптосистем с открытым ключом или аутентификация на основе сертификата;
- передача данных, шифруемых при помощи симметричных алгоритмов шифрования.

Преимущества:

- Быстрое развертывание приложений.
- Возможность низкоскоростного доступа.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Обеспечение защиты в Windows Server 2003

Аутентификация Windows Server 2003

Аутентификация – это проверка того, что данное лицо соответствует опознавательным данным, которые он предъявляет; тем самым, аутентификация является основным компонентом системы безопасности Windows Server 2003. Она подтверждает опознавательные данные пользователя, который хочет выполнить вход на компьютер, в сеть или в домен. Используя Active Directory, Windows Server 2003 поддерживает единый вход для доступа ко всем сетевым ресурсам. Это позволяет пользователю выполнять вход в домен с помощью единственного пароля или смарт-карты и аутентифицироваться для любого ресурса в домене.

Защита данных с помощью EFS Windows Server 2003

Аналогично Windows 2000 и Windows XP система Windows Server 2003 может защищать данные на дисках формата NTFS с помощью EFS. EFS не работает на дисках, отформатированных с помощью FAT32. При шифровании файла ему присваивается уникальный ключ шифрования, с помощью которого можно дешифровать его данные. Этот ключ шифрования затем шифруется с помощью открытого ключа данного пользователя. Ключ шифрования файла защищается также открытым ключом других пользователей, которым были предоставлены полномочия на дешифрование этого файла, а также назначенного агента восстановления. Важно также понять, что когда шифрованные с помощью EFS файлы передаются через сеть, они не защищены, если не реализован IPSec.

Реализация аудита

Аудит – это основное средство для администраторов, позволяющее выявлять и отслеживать потенциальные проблемы безопасности, обеспечивать учет пользователей и обнаруживать признаки проникновения в систему безопасности. Для реализации политики аудита требуется определить, какие события и объекты нужно включить в аудит. Наиболее часто в аудит включаются следующие типы событий:

- Вход и выход пользователей из системы.
- Изменения в пользовательских учетных записях и группах.
- Доступ пользователей к важным объектам, таким как файлы и папки.
- Изменения политик.

Аудит журнала событий – это один из наиболее действенных способов, позволяющих выявить несанкционированное проникновение на сервер.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЛИТЕРАТУРА

1. http://service.awwa.ru/stati/microsoft/windows/server/2003/ Проектирование доменов и развертывание Active Directory.
2. *Макин Дж. С., Маклин Йен.* Внедрение, управление и поддержка сетевой инфраструктуры Windows Server 2003.
3. http://www.tricerat.com/ebook/ Грейсон Митчем. Полное руководство по терминальным службам Windows Server 2003.

КЛАСТЕР ВЫСОКОЙ ГОТОВНОСТИ*

М.Т Немтаев, студент 3-го курса

г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, gol@rts.tusur.ru

Цель работы – рассмотреть принципы работы кластерных информационных систем, предназначенных для высокоскоростного надежного непрерывного обмена данными между параллельными приложениями, установленными на кластер, а также для передачи данных сетевой файловой системы, управления и обслуживания вычислительных узлов.

Кластер – два или более сервера (иногда называемые узлами), объединенных при помощи коммуникационных каналов, которые образуют системную, или технологическую, сеть. Такое соединение позволяет повысить готовность или масштабируемость или и то и другое одновременно.

Возможны различные варианты кластерных решений, под которыми понимается объединение некоторых сетевых ресурсов – коммутаторов, накопителей и т.д. Мы же остановимся на кластеризации серверов, т.е. на создании единого комплекса из нескольких компьютеров (серверов).

Кластерное решение, объединяющее несколько серверов, включает следующие компоненты:

1. Операционную систему, которая поддерживает кластеризацию (в нашем случае Microsoft Windows Server 2003).
2. Собственно компьютеры (серверы), которые необходимо объединить.
3. Коммуникационные средства (сетевые карты, проводка), при помощи которых компьютеры соединяются в сеть.

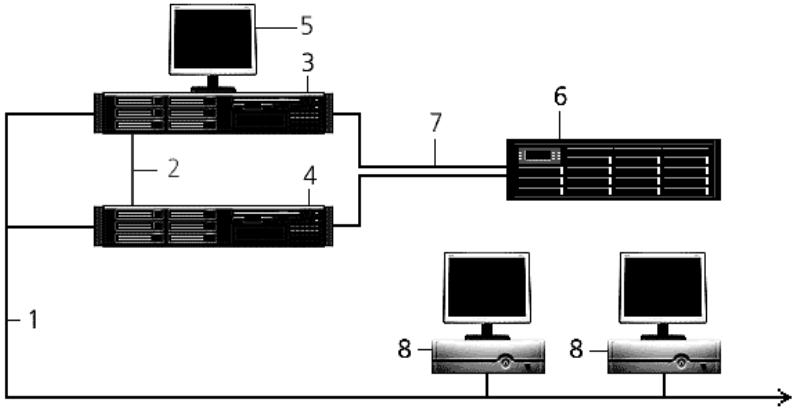
* Проект ГПО РТС-0902 – Разработка и создание аппаратно-программных средств защиты в информационных системах. Руководитель проекта – А.М. Голиков, доцент каф. РТС.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

4. Специализированное ПО кластеризации, которое устанавливается на объединяемых компьютерах.

Кластер высокой готовности – это разновидность кластерной системы, предназначенная для обеспечения непрерывной работы критически важных приложений или служб. Применение кластера высокой готовности позволяет предотвратить как неплановые простои, вызываемые отказами аппаратуры и программного обеспечения, так и плановые простои, необходимые для обновления программного обеспечения или профилактического ремонта оборудования.

Принципиальная схема кластера высокой готовности приведена на рисунке.



1. Внешняя сеть (Public)
2. Внутренняя сеть (Private)
3. Узел 1
4. Узел 2
5. Консоль управления
6. Общий дисковый массив
7. Интерфейс SCSI или Fibre Channel
8. Компьютеры-клиенты

Принципиальная схема кластера высокой готовности

Кластер состоит из двух узлов (серверов), подключенных к общему дисковому массиву. Все основные компоненты этого дискового массива – блок питания, дисковые накопители, контроллер ввода / вывода – имеют резервирование с возможностью горячей замены. Узлы кластера соединены между собой внутренней сетью для обмена информацией о своем текущем состоянии. Электропитание кластера осуществляется от двух независимых источников. Подключение каждого узла к внешней локальной сети также дублируется. Таким образом, кластерная система характеризуется высокой надежностью, производительностью, гибким масштабированием и легкостью в управлении. Высокая надежность достигается путем дублирования всех кри-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

тически важных для работы компонентов, высокая производительность и масштабируемость – за счет распределения нагрузки между узлами (серверами) кластера. Легкость управления подразумевает собой возможность управлять как централизованно всем кластером, так и отдельными серверами, входящими в его состав.

Кластеры применяют в организациях, которым нужна круглосуточная и бесперебойная доступность сервисов и где любые перерывы в работе нежелательны и недопустимы, или в тех случаях, когда возможен всплеск нагрузки, с которым может не справиться основной сервер, тогда ее помогут компенсировать дополнительные хосты, выполняющие обычно другие задачи. Для почтового сервера, обрабатывающего десятки и сотни тысяч писем в день, или веб-сервера, обслуживающего онлайн-магазины, использование кластеров очень желательно. Для пользователя подобная система остается полностью прозрачной – вся группа компьютеров будет выглядеть как один сервер. Использование нескольких, пусть даже более дешевых, компьютеров позволяет получить весьма существенные преимущества перед одиночным и шустрым сервером. Это равномерное распределение поступающих запросов, повышенная отказоустойчивость, так как при выходе одного элемента его нагрузку подхватывают другие системы, масштабируемость, удобное обслуживание и замена узлов кластера, а также многое другое. Выход из строя одного узла автоматически обнаруживается, и нагрузка перераспределяется, для клиента все это останется незамеченным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Windows Server 2003 (Rus).chm // http://www.natahaus.ru
2. Журнал для системных администраторов // http://www.samag.ru

ТЕРМИНАЛЬНЫЙ СЕРВЕР Windows Server 2008*

Д.Н. Плютов, студент 3-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, gol@rts.tusur.ru

Цель работы: разработка методики создания терминального сервера посредством Windows Server 2008, обеспечение терминального доступа к приложениям, защита информации.

* Проект ГПО РТС-0902 – Разработка и создание аппаратно-программных средств защиты в информационных системах. Руководитель проекта – А.М. Голиков, доцент каф. РТС.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Службы терминалов (Terminal Services) представляют собой совокупность сетевых служб, обеспечивающих удаленный доступ к рабочему столу на сервере при помощи программного обеспечения «тонкого» клиента, выступающего в качестве эмулятора терминала. Все приложения и команды пользователя выполняются непосредственно на сервере, на котором функционируют службы терминалов. Удаленному пользователю, осуществляющему подключение к серверу при помощи указанных служб, передаются только образы экрана приложения, запущенного на сервере. Со стороны клиента серверу передается информация о нажатых на клавиатуре клавишах и о перемещении мыши. Эта информация обрабатывается службами терминалов сервера в рамках сеанса конкретного пользователя. Хотя служба терминалов может одновременно работать с множеством сеансов, пользователь, входя в систему, видит процессы только своего индивидуального сеанса связи, управляемые серверной операционной системой и не зависящие от других клиентских сеансов.

Программное обеспечение «тонкого» клиента, посредством которого пользователь подключается к службам терминалов удаленного сервера, поставляется непосредственно в составе Windows Server 2008. Этот клиент может работать на различных версиях Windows. Чтобы обращаться к службам терминалов с других платформ (Macintosh или UNIX), требуется клиентское программное обеспечение сторонних производителей.

В предыдущих реализациях Windows службы терминалов могли работать в двух режимах: в режиме сервера приложений (application server) или в режиме удаленного управления (remote administration). В Windows Server 2008 нет необходимости осуществлять развертывание службы терминалов для того, чтобы получить возможность удаленного управления сервером. Для удаленного управления теперь можно использовать специальный механизм Remote Desktop for Administration (удаленный доступ к рабочему столу для администрирования). Службы терминалов в Windows Server 2008 позиционируется исключительно как механизм реализации эффективного и надежного способа совместного использования приложений Windows, установленных на сетевом сервере. Службы терминалов позволяют использовать рабочий стол Windows Server 2008 и наиболее современные приложения Windows на компьютерах, ресурсов которых (или возможностей) недостаточно для их выполнения. Работая со службами терминалов, пользователи могут запускать программы, работать с документами и сетевыми ресурсами так же, как и в случае локального компьютера.

Используя Terminal Services, можно инсталлировать приложения на небольшом количестве серверов, а не на сотнях рабочих станций.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Также можно получить выгоду от использования недорогих «тонких клиентов», чем от рабочих станций. Даже если необходимо иметь персональные компьютеры для пользователей, все равно можно получить выгоду от использования терминальных серверов за счет централизации сетевого трафика.

Архитектура клиент–сервер – это не только архитектура, это новая парадигма, пришедшая на смену устаревшим концепциям. Суть ее заключается в том, что клиент (исполняемый модуль) запрашивает те или иные сервисы в соответствии с определенным протоколом обмена данными. При этом, в отличие от ситуации с файловым сервером, нет необходимости в использовании прямых путей операционной системы: клиент их «не знает», ему «известны» лишь имя источника данных и другие специальные сведения, используемые для авторизации клиента на сервере. Сервер, который физически может находиться на том же компьютере, а может – на другом конце земного шара, обрабатывает запрос клиента и, произведя соответствующие манипуляции с данными, передает клиенту запрашиваемую порцию данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Чекмарев А. П., Вишневский А. В., Кокорева О.И.* Microsoft® Windows Server 2003. Русская версия / Под общ. ред. А. Н. Чекмарева. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 1120 с.

ЗАЩИЩЕННЫЙ ИНТЕРНЕТ С VPN-ДОСТУПОМ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ*

П.А. Синегубов, студент 4-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, gol@rts.tusur.ru

Целью проекта является создание аппаратно-программных средств защиты информации в информационных системах, в виде типовой защищенной управляющей системы на базе программного обеспечения Microsoft Windows Server 2003, Microsoft ISA SERVER 2006. Данная защищенная система ориентирована на студентов и преподавателей кафедры, а также может быть расширена до сетей практически любого уровня как со стационарными пользователями, так и с мобильными.

* Проект ГПО РТС-0741 – Разработка и создание аппаратно-программных средств защиты в информационных системах. Руководитель проекта – А.М. Голиков, доцент каф. РТС.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Данная система должна позволять обеспечивать доступ к услугам Интернет как стационарных пользователей, так и мобильных (посредством VPN-соединения по Wi-fi каналу), учет и ограничение трафика, распределение прав доступа и возможностей, организацию терминального доступа.

Задачей данного проекта является разработка методических указаний для организации защищенной системы, которые могли бы помочь в настройках начинающим администраторам компаний, а также организация такого защищенного сервера на кафедре РТС нашего университета.

В настоящее время все больше и больше людей становятся активными пользователями Интернета. Причем доступ в Сеть становится не просто развлечением, а насущной необходимостью, особенно для деловых людей. Им необходим быстрый и удобный доступ не только в офисе или дома, но и в пути и на отдыхе в гостинице.

Целью этого проекта является организация защищенного интернет-сервера для мобильных пользователей с поддержкой терминального доступа. Данный сервер можно применить на нашей кафедре, и будет доступ Интернета для студентов с ноутбуками, КПК и прочими мобильными устройствами. Проще и удобней организовать такой сервер при использовании виртуальных частных сетей, чтобы организовать такую сеть, лучше всего использовать технологию Wi-Fi, которая обладает рядом преимуществ, рассмотренных ниже. Терминальный доступ позволит предоставить студентам и преподавателям кафедры доступ к кафедральному серверу, на котором можно хранить необходимые базы данных, электронные ресурсы (книги, методички, различные работы и т.д.) а также предоставить терминальное использование программ, таких, например, как MathCad, Simulink, Office и других, которые могут понадобиться при работе студентам или преподавателям. Такой способ работы с программными пакетами будет более выгодным, т.к. одиночные лицензии при большом числе пользователей будут много дороже одной терминальной версии. Дополнительным преимуществом такого интернет-сервера является его безопасность, при правильной организации VPN-соединений, настройке шлюза и брандмауэра будет максимальная безопасность сервера, а также и самих пользователей от вредоносных программ. Терминальный доступ предоставляет возможность максимально упростить комплектации клиентских компьютеров, а следовательно, и удешевить их, т.к. уже нет необходимости в больших мощностях при обработке данных, например в программном пакете MathCad, все вычисления будет производить более мощный сервер. В данной работе я попытался поэтапно рассмотреть настройку такого сервера при использовании ISA Server

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

2006 на базе операционной системы Windows Server 2003. Начнем знакомство с интернет-сервером с рассмотрения технологии предоставления различных услуг мобильным пользователям.

Технология с коммерческим названием Wi-Fi (стандарт IEEE 802.11) дает возможность подключения в Интернет без проводов на достаточно высокой скорости (до 108 Мбит в секунду). Wi-Fi делает Интернет по-настоящему мобильным и удобным для подключения. Отсутствие проводов дает пользователю свободу перемещения: в пределах комнаты, этажа или целого здания.

Одним из важных факторов является широкое распространение пользовательских устройств с поддержкой Wi-Fi. Стоимость такого оборудования в настоящее время невелика, и доступ возможен с ноутбуков, карманных компьютеров и мобильных телефонов. Большая часть продаваемых сегодня ноутбуков уже оснащена встроенным клиентским адаптером Wi-Fi. Последние модели сотовых телефонов выходят также с поддержкой Wi-Fi, что повлечет дальнейшее увеличение количества потенциальных пользователей, уменьшение габаритов и стоимости устройств Wi-Fi.

Организация данного сервера получена при использовании операционной системы Microsoft Windows Server 2003 и программного обеспечения Microsoft ISA Server. ISA Server позволил организовать VPN-доступ мобильным пользователям причем адреса назначаются при использовании сервиса Windows под названием Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP). Также на базе ISA Server осуществляется раздача внешнего интернет-трафика vpn пользователям, но при этом можно четко отслеживать маршрут и объем этого трафика, так, возможно установить ограничения на разного рода контент и адреса сайтов.

В отличие от стандартных средств Windows, ISA Server представляет собой более гибкое устройство развертывания VPN-сетей, их мониторинга и самое важное – обеспечения необходимого уровня безопасности передаваемых данных. Отличительная особенность данного сервера состоит в том, что для развертывания всех функций достаточно лишь одной программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Microsoft Internet Security and Acceleration Server 2000: Учеб. курс MCSE: Пер. с англ. 2-е изд., испр. М.: Изд.-торговый дом «Русская Редакция», 2003. 400 с.

2. *Брэгг Роберта*. Безопасность сети на основе Microsoft Windows Server 2003: Учеб. курс Microsoft: Пер. с англ. М.: Изд.-торговый дом «Русская Редакция»; СПб.: Питер, 2006. 672 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

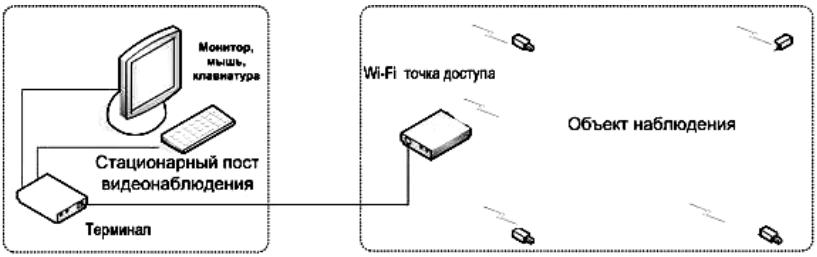
СИСТЕМА IP-ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ WiFi*

Д.В. Уваровский, студент 3-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. РТФ, gol@rts.tusur.ru

Целью данной работы является проектирование модели системы IP-видеонаблюдения на основе технологии Wi-Fi.

Сейчас существует множество беспроводных технологий, наиболее часто известных пользователям по их маркетинговым названиям, таким как Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth. Каждая технология обладает определёнными характеристиками, которые определяют её область применения. В настоящее время широкое распространение стали получать системы наружного видеонаблюдения, устанавливаемые на зданиях и других объектах на улицах наших городов. А сейчас все большую популярность приобретают системы видеонаблюдения на базе сетевых, или иначе, IP-видеокамер.

Системы IP-видеонаблюдения не только не уступают аналоговым системам по показателям безопасности, но и, при условии грамотного применения механизмов защиты, значительно более защищены от воздействий как неопытных хакеров, так и достаточно квалифицированных злоумышленников (рис. 1).



Пример замкнутой беспроводной системы видеонаблюдения

IEEE 802.11 – набор стандартов связи, для коммуникации в беспроводной локальной сетевой зоне частотных диапазонов 2,4; 3,6 и 5 ГГц. Изначально стандарт IEEE 802.11 предполагал возможность передачи данных по радиоканалу на скорости не более 1 Мбит/с и опционально на скорости 2 Мбит/с. Но в данное время обеспечивается различная скорость на различных частотах.

* Проект ГПО РТС-0901 – Разработка и создание аппаратно-программных средств защиты информации в сетях и системах радиосвязи. Руководитель проекта – А.М. Голиков, доцент каф. РТС.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Используется стандарт 802,11g, так как он обеспечивает наиболее приемлемую скорость передачи 54 Мбит/с и на этом стандарте работает большинство современных IP-камер.

Беспроводное видеонаблюдение – одно из наиболее быстро развивающихся направлений в мире систем безопасности, использующееся для беспроводной передачи потоков видеоданных.

Беспроводное видеонаблюдение подразумевает отсутствие кабелей между пунктом записи / наблюдения и видеокамерами, но система питания при этом функционирует с проводами.

Использование дополнительных антенн дает возможность значительно увеличить зону действия систем беспроводного видеонаблюдения. Это происходит вследствие выноса антенны из помещения и подъема её относительно приемника/передатчика, а также благодаря коэффициенту усиления самой антенны.

Варианты использования антенн:

- направленная антенна на приемнике – увеличение дальности в 4–6 раз;
- круговая антенна на приемнике – увеличение дальности в 2–3 раза;
- направленная антенна на передатчике и направленная антенна на приемнике – увеличение дальности в 5–10 раз.

Использование ретрансляционного оборудования позволяет увеличить рабочее расстояние без прокладки кабельных линий.

Защита беспроводного компонента системы

Защита беспроводных сетей имеет четыре составляющие.

1. Базовая аутентификация (authentication framework). Представляет собой механизм, который усиливает действие алгоритма аутентификации путем организации защищенного обмена сообщениями между клиентом, точкой доступа и сервером аутентификации.
2. Алгоритм аутентификации. Представляет собой алгоритм, посредством которого подтверждаются полномочия пользователя.
3. Алгоритм защиты данных. Обеспечивает защиту при передаче через беспроводную среду фреймов данных.
4. Алгоритм обеспечения целостности данных (data integrity algorithm). Обеспечивает целостность данных при передаче их через беспроводную среду, позволяя приемнику убедиться в том, что данные не были подменены.

Известно, что шифрование и аутентификация, проводимые в соответствии со стандартом 802.11, имеют слабые стороны. IEEE и WPA усилили алгоритм WEP протоколом TKIP и предлагают сильный механизм аутентификации по стандарту 802.11i, обеспечивающий защиту беспроводных LAN стандарта 802.11. В то же время IEEE рассмат-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ривает возможность усиления механизма шифрования. С этой целью IEEE адаптировал алгоритм AES для применения его по отношению к разделу, касающемуся защищаемых данных предлагаемого стандарта 802.11i. Последние версии WPA реализованы в соответствии со стандартом 802.11i и для обеспечения взаимодействия поддерживают шифрование по алгоритму AES.

Передача видео с беспроводных IP-видеокамер.

От IP-камер передается два видеопотока:

- в формате MPEG-4 с разрешением 640×480 со скоростью 25 кадров/с для просмотра на посту видеонаблюдения;
- в формате M-JPEG с разрешением 1280×1024 со скоростью 6 кадров/с для записи в архив.

Использование двух потоков удобно тем, что можно передавать видео разного качества. Для комфортного просмотра видео скорость потока должна быть достаточно большой, например 25 кадров/с. С другой стороны, в архив лучше записывать видео большего разрешения, чтобы изображение было более детальным. При этом разумно записывать видео в архив со скоростью не больше 6 кадров/с, тем более, если его требуется хранить в течение длительного времени, так как объем памяти сервера хранения все-таки ограничен.

Заключение. Технология Wi-Fi уже сегодня предоставляет уникальные возможности для построения систем видеонаблюдения, особенно в условиях, затруднительных для прокладки кабелей, а также в тех случаях, когда необходимо оптимизировать сроки и затраты на монтаж, подключение и обслуживание систем IP-видеонаблюдения.

Использование небезопасных участков сети для передачи данных не является ограничением для систем IP-видеонаблюдения. В нашем распоряжении имеются такие технологии, как межсетевой экран, фильтрация по MAC-адресам, авторизация пользователей, различные алгоритмы шифрования. Правильное применение данных технологий позволяет скрыть от пользователей ЛВС архитектуру нашей системы, защитить данные в процессе их передачи по ЛВС, предотвратить несанкционированный доступ к системе. Таким образом, наша система надежно защищена от внешних воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспроводные сети Wi-Fi: Учебный курс // http://www.INTUIT.ru

2. *Дамьяновски В.* CCTV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии.: Пер. с англ. – М.: ОАО «Ай-Эс-Эс-Пресс» 2006. – 406 с.

3. *Столлингс В.* Беспроводные линии связи и сети: Пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. 640 с.

4. *Малухин А.А.* Правда и мифы о Wi-Fi в IP-видеонаблюдении // http://www.daily.sec.ru

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СЕКЦИЯ 3

АУДИОВИЗУАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, БЫТОВАЯ РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА И СЕРВИС

*Председатель – **Пустынский И.Н.**, зав. каф. ТУ, д.т.н., профессор;*
*зам. председателя – **Костевич А.Г.**, к.т.н., доцент каф. ТУ*

ПРИМЕНЕНИЕ АППРОКСИМАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЛАЗА ПРИ РАСЧЕТЕ СВЕТОВОЙ ОСВЕЩЁННОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Е.В. Зайцева, аспирантка
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, katya@tu.tusur.ru

При использовании телевизионных средств в системах наблюдения, контроля и слежения за объектами источником излучения является сам объект или его поверхность, облучаемая посторонним источником.

В общем случае излучение источника, подсвечивающего объект, имеет сложный спектральный состав, который у поверхности объекта характеризуется спектральной плотностью энергетической освещённости объекта $E_\lambda(\lambda)$, где λ – длина волны излучения.

Соответственно выражение для интегральной энергетической освещённости поверхности объекта будет иметь вид

$$E_э = \int_0^\infty E_\lambda(\lambda) d\lambda .$$

Ей будет соответствовать световая освещённость

$$E_{св} = 683 \int_0^\infty E_\lambda(\lambda) V(\lambda) d\lambda ,$$

где 683 [Лм/Вт] – пересчетный коэффициент энергетических величин в световые; $V(\lambda)$ – относительная спектральная чувствительность глаза.

В работе [1] приведено выражение для определения световой освещённости изображения $E'_{св}$

$$E'_{св} = E_{св} \frac{\rho_{об} \tau_о}{\beta^2} 2 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + d^2}} \right),$$

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

где τ_o – коэффициент пропускания объектива; $\rho_{об}$ – коэффициент диффузного отражения объекта; β – линейный масштаб изображения; $d = \dfrac{\theta\beta}{2(1+\beta)}$; θ – относительное отверстие объектива.

Будем считать, что объект подсвечивается источником излучения, относительная спектральная плотность светимости которого совпадает с относительной спектральной плотностью светимости абсолютно черного тела (АЧТ) с температурой T, т.е.

$$E_\lambda(\lambda) = E_{\lambda\text{макс}} X(\lambda T),$$

где $E_{\lambda\text{макс}}$ – максимальное значение спектральной плотности освещенности объекта, $X(\lambda T) = M_\lambda(\lambda T)/M_{\lambda\text{макс}}(T)$, $M_\lambda(\lambda T) = \dfrac{2\pi c^2 h}{\lambda^5}\left[\exp\left(\dfrac{hc}{\lambda k T}\right) - 1\right]^{-1}$ – спектральная плотность светимости АЧТ (здесь c – скорость света в вакууме; $h = 6{,}626176 \cdot 10^{-34}$ – постоянная Планка, Дж/Гц, $k = 1{,}388662 \cdot 10^{-23}$ – постоянная Больцмана, Дж/К; T – цветовая температура), рассчитываемая по формуле Планка, K, $M_{\lambda\text{макс}}(T) = 1{,}2865 \cdot 10^{-11} T^5$ – максимальное значение $M_\lambda(\lambda T)$, Вт/м^3, имеющее место при $\lambda_{\text{макс}} = 2897{,}8 \cdot 10^{-6}/T$, м.

Усредненная кривая относительной спектральной чувствительности глаза (кривая видности), принятая Международным соглашением еще в 1924 г., используется и сейчас при всех расчетах светового воздействия сложного по составу излучения [2].

В работе [3] предложена аппроксимация данной кривой гауссоидой, которую можно записать в виде

$$V_г(\lambda) = \exp\left[-\left(\frac{\lambda - 0{,}559}{0{,}06}\right)^2\right].$$

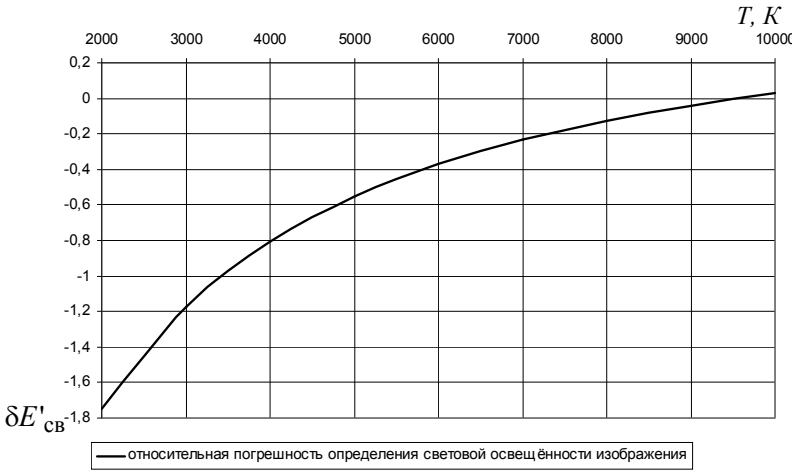
Относительную погрешность определения световой освещённости изображения $\delta E'_{св}$ рассчитаем по следующей формуле:

$$\delta E'_{св} = \frac{E'_{св\,г} - E'_{св\,т}}{E'_{св\,т}} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X(\lambda T) V_г d\lambda - \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X(\lambda T) V_т d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} X(\lambda T) V_т d\lambda},$$

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

где $E'_{\text{св т}}$ – световая освещённость изображения, определяемая с помощью табличных значений кривой видности $V_{\text{т}}$, а $E'_{\text{св г}}$ – определяемая с помощью её аппроксимации гауссоидой $V_{\text{г}}$, $\lambda_1 = 0{,}38 \cdot 10^{-6}$ м, $\lambda_2 = 0{,}77 \cdot 10^{-6}$ м.

Зависимость относительной погрешности определения световой освещённости изображения $\delta E'_{\text{св}}$ от цветовой температуры источника излучения представлена на рисунке.



Зависимость относительной погрешности определения световой освещённости изображения от цветовой температуры

Из рисунка видно, что погрешность в указанном температурном диапазоне составляет от –1,8 до +0,02%, что можно считать вполне приемлемым для инженерных расчётов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пустынский И.Н.* К расчёту освещённости изображения и числа сигнальных электронов в телевизионном датчике на ПЗС-матрице / И.Н. Пустынский, Е.В. Зайцева // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2009. № 2. С. 5–10.

2. *Гуревич М.М.* Фотометрия (теория, методы и приборы) / 2-е изд. перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат, 1983. 272 с.

3. *Пустынский И.Н., Зайцева Е.В.* Аналитическое выражение спектральной чувствительности зрения. Матер. докл. всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. «Научная сессия ТУСУР–2006»: 2006. С. 146–148.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

БЫСТРЫЙ АЛГОРИТМ ПОЛУПИКСЕЛЬНОЙ ДИАГОНАЛЬНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ МНОГОКОНВЕЙЕРНЫХ ПРОЦЕССОРОВ

А.В. Железняк, А.С. Рудникович, м.н.с.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, gel@tu.tusur.ru

В настоящее время широко распространены различные алгоритмы сжатия видеоизображений, основанные на устранении пространственной и временной избыточности. Чтобы убрать временную избыточность, используют оценку и компенсацию движения. Для эффективного сжатия довольно часто используют поиск векторов движения с точностью полупикселя. Для получения интерполированного кадра помимо интерполяции по горизонтали и вертикали используется также диагональная интерполяция. На рис. 1 показана суть процесса интерполяции изображения.

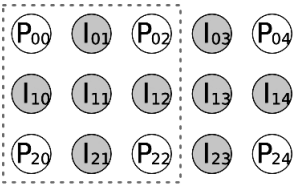


Рис. 1. Процесс интерполяции изображения

В выделенной пунктиром области исходные отсчеты изображения обозначены как P_{00}, P_{02}, P_{20}, P_{22}. Отсчеты, полученные в результате горизонтальной и вертикальной интерполяции, – это I_{01}, I_{21} и I_{10}, I_{12} соответственно. Результат диагональной интерполяции – это I_{11}. Значение интерполированного отсчета I_{11} вычисляется по формуле [1]

$$I_{11} = (P_{00} + P_{02} + P_{20} + P_{22} + 2) >> 2 . \quad (1)$$

Из (1) видно, что для получения I_{11} нужно выполнить четыре операции сложения и один арифметический сдвиг вправо.

Компания TI выпускает довольно большое количество сигнальных процессоров семейства TMS320C64xx, предназначенных для обработки видео. Ядро TMS320C64xx выполняет до 8 инструкций за один такт процессора. Стандартный алгоритм для (1) написан на Ассемблере с максимальным учетом архитектуры ядра процессоров семейства TMS320C64xx.

Разработан и программно реализован новый алгоритм диагональной интерполяции, использующий другие операции для достижения результата. Его суть в том, что сначала выполняются операции последовательного усреднения $P_{00,}$ $P_{02,}$ $P_{20,}$ P_{22}:

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$\text{tot}_1 = (P_{00} + P_{02} + 1) >> 1, tot_2 = (P_{20} + P_{22} + 1) >> 1,$$
$$\text{tot}_3 = (\text{tot}_1 + \text{tot}_2 + 1) >> 1. \quad (2)$$

Вычисления (2) выполняются на DSP с ядром TMS320C64xx, из-за наличия специфической инструкции AVGU4, делающей возможным получить значение tot_3 всего с помощью трех последовательных инструкций AVGU4. Однако результат, даваемый после выполнения (2), не является конечным. Необходимо учитывать, что в результате трех последовательно выполняемых инструкций AVGU4 может быть прибавлена лишняя единица. Для того чтобы выявить и скомпенсировать этот нежелательный эффект, выполняются следующие действия:

$$\text{xor}_1 = P_{00} \wedge P_{02},\ \text{xor}_2 = P_{20} \wedge P_{22},\ \text{xor}_3 = \text{tot}_1 \wedge \text{tot}_2,$$
$$\text{xor}_4 = \left[(\text{xor}_1 \mid \text{xor}_2) \,\&\, \text{xor}_3\right] \& 1. \quad (3)$$

После компенсации получим интерполированный отсчет I_{11}:

$$I_{11} = \text{tot}_3 - \text{xor}_4. \quad (4)$$

Для вычисления I_{11} с помощью нового алгоритма увеличилось количество выполняемых операций – с 5 для (1) до 16 для (2)–(4). Однако ввиду специфики архитектуры ядра процессоров TMS320C64xx новый алгоритм является более быстрым, чем стандартный алгоритм. Для стандартной интерполяции использовались операции сложения и сдвига 16-битных данных. Новый алгоритм является более эффективным из-за вычислений с 8-битными данными. Стандартный и новый алгоритмы были выполнены в виде отдельных ассемблерных модулей, максимально оптимизированных под архитектуру процессоров TMS320C64xx. Число затрачиваемых тактов CPU стандартного и быстрого алгоритмов оценивается как:

$$\text{CYCLES}_{\text{STANDART}} = 18 + N_{\text{block}} \times 7 \times N_{\text{row}},$$
$$\text{CYCLES}_{\text{FAST}} = 26 + \frac{N_{\text{block}}}{2} \times (7 \times N_{\text{row}} + 13), \quad (5)$$

где N_{block} – это количество блоков изображения размером $8 \times N_{\text{row}}$ элементов. Ниже представлена таблица сравнения скоростей работы стандартного и нового алгоритмов (тактовая частота процессора равна 600 МГц).

На рис. 2 представлены зависимости количества пикселей на такт CPU стандартного и быстрого алгоритма полупиксельной интерполяции.

Максимальный выигрыш алгоритма быстрой 1/2 интерполяции равен 62,3%. Такой результат был получен в результате применения принципиально нового алгоритма полупиксельной диагональной интерполяции, а также благодаря максимальной оптимизации предложенного алгоритма под архитектуру DSP семейства TMS320C64xx.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Сравнение скорости работы алгоритмов стандартной и быстрой полупиксельной диагональной интерполяции

Размер изображения	Новый алгоритм		Станд. алгоритм		Выигрыш, %
	Такты CPU	Загрузка CPU, %	Такты CPU	Загрузка CPU, %	
16×8	95	0,00002	130	0,00002	36,84
32×16	302	0,00005	466	0,00008	54,30
128×64	4442	0,00074	7186	0,00120	61,77
176×144	13688	0,00228	22194	0,00370	62,14
704×576	218618	0,03644	354834	0,05914	62,31
1280×720	496826	0,08280	806418	0,13440	62,31
1920×1080	1117826	0,18630	1814418	0,30240	62,32

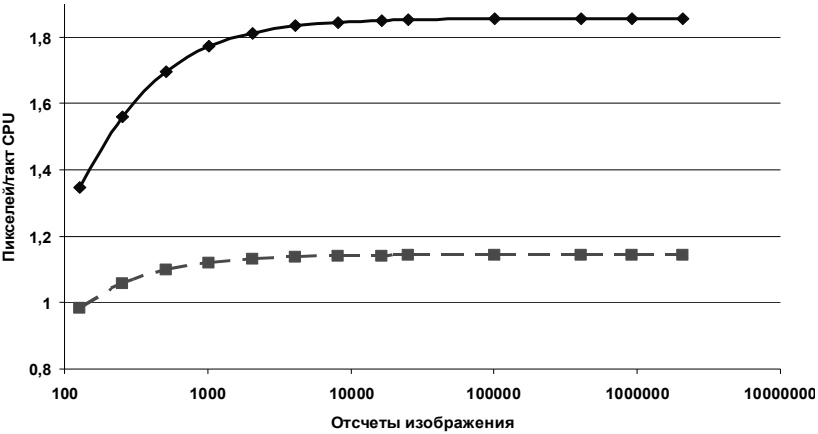


Рис. 2. Зависимость количества пикселей, обрабатываемых за один такт процессора C64xx от числа элементов изображения:
—♦— быстрая ½ пиксельная интерполяция;
—■— стандартная ½ пиксельная интерполяция

Предложенный алгоритм может также эффективно быть использован и в других многоконвейерных процессорах.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISO/IEC 14496-2. Information technology – Coding of audio-visual objects Part 2: Visual.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ОБЗОР ФОРМАТОВ ХРАНЕНИЯ РАЗРЕЖЕННЫХ МАТРИЦ

Р.Р. Ахунов, студент 5-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, arr@pop3.ru

Приведен обзор форматов хранения разреженных матриц. Представлены результаты вычисления коэффициента сжатия для различной плотности матрицы при использовании разреженных форматов хранения.

Необходимость в решении системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) возникает при использовании широкого класса моделей и подходов, используемых при проектировании и разработке аппаратуры для учета требований электромагнитной совместимости. При этом матрица СЛАУ может быть как плотной, так и разреженной. Данная работа посвящена обзору форматов хранения разреженных матриц.

Разреженная матрица – это матрица, содержащая большое количество нулевых элементов. Очевидно, что нулевые элементы не несут полезной информации и поэтому хранить их не обязательно. Использование алгоритмов, учитывающих наличие нулей, позволяет экономить машинное время и память. Основной идеей форматов хранения разреженных матриц является представление таких матриц в виде одномерных массивов (векторов). Существуют различные форматы сжатия, одни являются универсальными, другие предназначены для определенного вида матриц (симметричные, треугольные, диагональные и т.п.). Далее приведено описание некоторых универсальных форматов.

Первый формат хранения был предложен Д.Э. Кнутом в 1968 г. При использовании данного формата матрица представляется в виде пяти одномерных массивов. Первый массив содержит ненулевые элементы матрицы. Второй и третий массивы содержат информацию о положении элемента в матрице. Для ускорения работы с матрицей использованы два дополнительных массива, в которых хранятся указатели на следующий ненулевой элемент в строке и в столбце соответственно. Также необходимо хранить указатели входа в одномерный массив для строк и столбцов. Данный формат для хранения одного ненулевого элемента требует пять ячеек памяти (не считая указателей на строки), что неэкономно. Достоинством же этого метода являются быстрый доступ к элементу матрицы, а также легкость добавления нового элемента [1]. Существуют другие форматы, которые являются модификациями метода Кнута. Например, формат Рейнболдта и Местеньи (1973 г.), сохраняющий ценные свойства формата Кнута, но использующий значительно меньше памяти. Еще один вариант формата Кнута использовался Ларкумом (1971 г.) для хранения симметричных матриц, элементами которых могут быть как числа, так и подматрицы.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Разреженный строчный формат предложенный Чангом (1969) и Густавсоном (1972), – это одна из наиболее широко используемых схем хранения разреженных матриц. Эта схема предъявляет минимальные требования к памяти и в то же время оказывается очень удобной для нескольких важных операций над разреженными матрицами: сложения, умножения, перестановок строк и столбцов, транспонирования, решения СЛАУ с разреженными матрицами коэффициентов как прямыми, так и итерационными методами и т.д. Значения ненулевых элементов матрицы и соответствующие индексы столбцов хранятся в этой схеме по строкам в двух массивах. Используется также массив указателей на ненулевые элементы, с которых начинается очередная строка.

Для матриц большой размерности используют разбиение ее на блоки. Это позволяет представить блочную матрицу как «матрицу из матриц», т.е. элементом матрицы является матрица. Многие алгоритмы, предложенные первоначально для матриц, можно применять к блочным матрицам. Также этот метод дает увеличение производительности, поскольку небольшой блок матрицы полностью помещается в кэш процессора, и тогда с ним можно быстро сделать необходимые операции. В современных форматах (например, BSR – разреженный блочно-строчный формат) данный метод применяют для распараллеливания операций с матрицами [2].

Для треугольных матриц выгодно использовать специализированные форматы. Один из них был предложен Шерманом (1975). Диагональные элементы хранятся в одном массиве, а недиагональные элементы – по строкам в отдельном массиве. Дополнительный массив содержит указатели строк для массива недиагональных элементов. Индексы столбцов, отвечающие за недиагональные элементы, содержатся в массиве в компактной форме. Стоит отметить, что данный формат также подходит для симметричных матриц.

Использование перечисленных форматов оправдано в случае экономии памяти, т.е. когда матрица в сжатом виде использует меньшее число элементов, чем в полном представлении. В ходе данной работы было проведено сравнение форматов, используя коэффициент сжатия (отношение количества элементов полной матрицы к количеству элементов сжатой матрицы). Очевидно, что количество элементов в сжатой матрице зависит от плотности матрицы. В таблице приведены полученные результаты для разной плотности матрицы.

Из таблицы видно, что сжатие имеет смысл тогда, когда плотность матрицы меньше некоторого предела. Если плотность матрицы выше предела, то метод сжатия не только не уменьшит объем занимаемой матрицы, но и увеличит его. Наиболее эффективное сжатие

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

достигнуто в разреженном строчном формате. Если матрица треугольная (или симметричная), то выгоднее использовать метод сжатия по Шерману. Это единственный метод, у которого коэффициент сжатия больше единицы при любой плотности, поскольку плотность треугольной матрицы не может превышать 55% (треугольная матрица состоит наполовину из нулей).

Коэффициент сжатия для различной плотности матрицы при использовании разреженных форматов хранения

Плотность матрицы, %	Коэффициент сжатия			
	формат Кнута	формат Рейнболдта и Местеньи	разреженный строчный формат	формат Шермана для треугольной матрицы
65	0,28	0,46	0,71	-
60	0,31	0,50	0,77	-
55	0,33	0,54	0,83	1,20
50	0,37	0,58	0,91	1,30
45	0,40	0,64	1,00	1,40
40	0,45	0,71	1,11	1,50
35	0,51	0,80	1,25	1,57
30	0,58	0,91	1,43	1,72
25	0,68	1,05	1,67	1,91
20	0,83	1,25	2,00	2,24
15	1,05	1,54	2,50	2,71
10	1,42	2,00	3,33	3,45

В современных математических библиотеках используют как вышеперечисленные форматы, так и их модификации, создаваемые для ускорения работы. Например, у строчного разреженного формата существует несколько модификаций: CSR, когда в операции над матрицей требуется обход по строкам; CSC, когда в операции над матрицей требуется обход по столбцам. Данные форматы используются в математических библиотеках, например Aztec, SPARSKIT и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Писсанецки С.* Технология разреженных матриц. М.: Мир, 1988. 410 с.

2. *Гергель В.П.* Теория и практика параллельных вычислений. М.: БИНОМ, 2007. 424 с.

3. http://www.cs.sandia.gov/CRF/aztec1.html

4. http://www-users.cs.umn.edu/~saad/software/SPARSKIT/

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО И ПРОДОЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МОДАЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ИМПУЛЬСА В ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ

И.Г. Бевзенко, аспирант
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, ivan-bevzenko@yandex.ru

В печатных платах (ПП), которые используются в бортовой аппаратуре (БА), могут возникать модальные явления. Эти явления можно использовать для защиты от опасных сверхкоротких импульсов высокого напряжения. Для возникновения модальных явлений в печатных платах важно учитывать характер подачи сигнала воздействия.

Цель этой работы – показать влияние поперечного и продольного воздействия на модальное разложение импульса в ПП БА.

Исследована ПП, которая использовалась в работе [1]. Воздействие – гауссов импульс с частотным спектром 0–40 ГГц. Подавались поперечное (рис. 1, *а*) и продольное (рис. 1, *б*) воздействия.

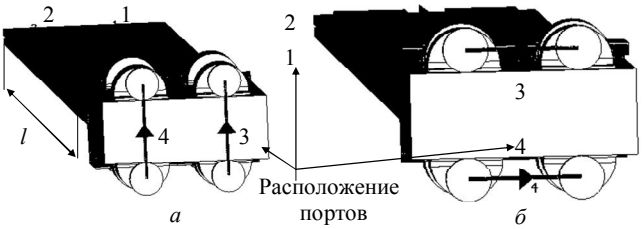
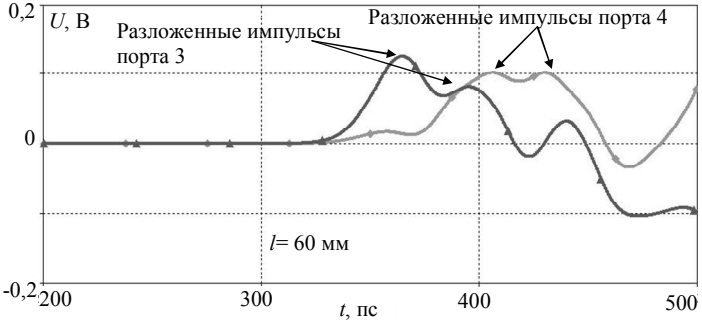


Рис. 1. Воздействие поперечное (*а*), продольное (*б*)

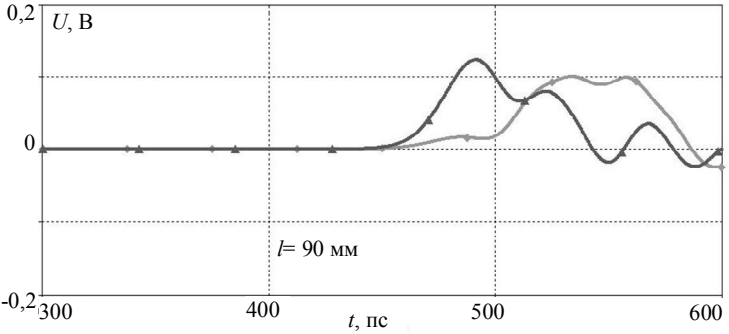
Сигнал воздействия имел форму гауссова импульса, частотный спектр: 0−40 ГГц (табл. 1). Диэлектрик FR−4 (ε = 4,9), изолирующий слой печатного кабеля – полиимид (ε = 3,5). Проводник – медь, слой пайки – олово.

Таблица 1 **Формы сигналов, при продольном воздействии**

Формы сигналов (В, пс), продольное воздействие гауссовым импульсом


Продолжение табл.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

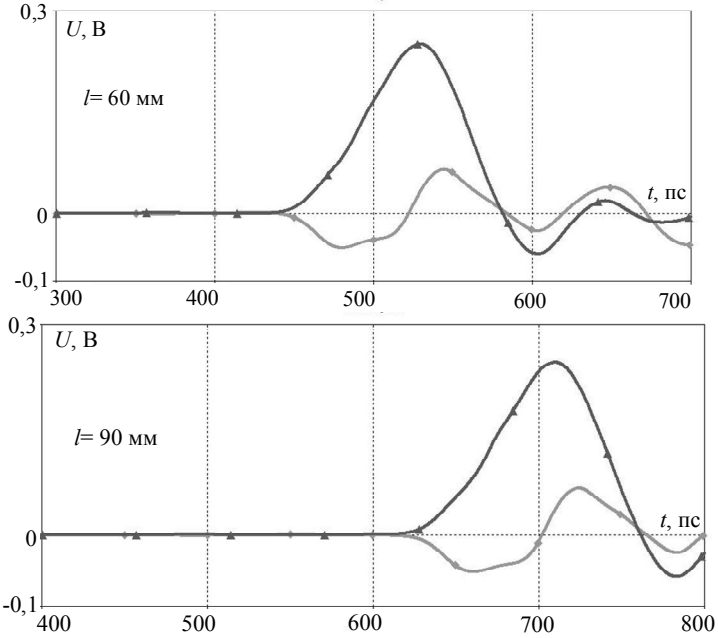


В табл. 1 приведены формы сигналов при продольном воздействии с разной длиной (l) кабеля: 60, 90 мм. В табл. 2 приведены формы сигналов при поперечном воздействии.

Таблица 2

Формы сигналов, при поперечном воздействии

Формы сигналов (В, пс), поперечное воздействие гауссовым импульсом



Из табл. 1 и 2 видно, что при продольном воздействии возникает явление разложения импульса, а при поперечном не возникает.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бевзенко И.Г.* Модальное разложение импульса в печатных платах бортовой аппаратуры // Наст. сб.

ВЛИЯНИЕ ПРОТЯЖЕННОСТИ ДЛИНЫ КАБЕЛЯ НА МОДАЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ИМПУЛЬСА В ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

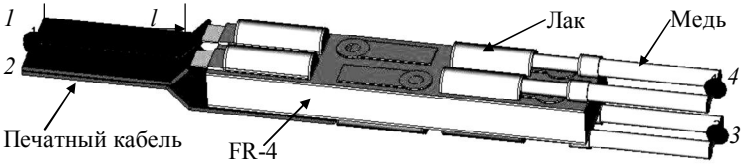
И.Г. Бевзенко, аспирант

ТУСУР, г. Томск, каф. ТУ, ivan-bevzenko@yandex.ru

Необходимость обеспечения электромагнитной совместимости бортовой аппаратуры (БА) обусловлена тем, что БА обладает свойством восприимчивости к электромагнитным помехам. Часто помехи передаются по проводникам, что приводит к нарушению нормального функционирования БА. Существуют модальные явления, которые могут использоваться в целях защиты от электромагнитных помех. Протяженность печатного кабеля, подходящего к печатным платам (ПП) БА, может повлиять на характер модальных явлений, а именно на явление разложения импульса.

Цель этой работы – показать влияние протяженности длины кабеля на модальное разложение импульса в ПП БА.

В этой работе исследована ПП, которая наиболее близка к реальной ПП, по сравнению с ПП, показанной в предыдущей работе [1]. Эта ПП содержит в себе слой пайки, лака, плоский печатный кабель, имеет разное количество и структуру подходящих проводников (рисунок). Воздействие − гауссов импульс с частотным спектром 0−40 ГГц (табл. 1). Диэлектрик FR−4 ($\varepsilon = 4{,}9$), изолирующий слой печатного кабеля, − полиимид ($\varepsilon = 3{,}5$), лак ($\varepsilon = 4$). Проводник − медь, слой пайки − олово.



Расположение портов фрагмента печатной платы для электродинамического анализа: *1* − начало активной линии, *2* − начало пассивной линии, *4* − первый конец активной линии, *3* − второй конец активной линии

В табл. 1 приведено сравнение форм сигналов, полученных с активных концов линии ПП из прошлой работы с ПП, наиболее близкой

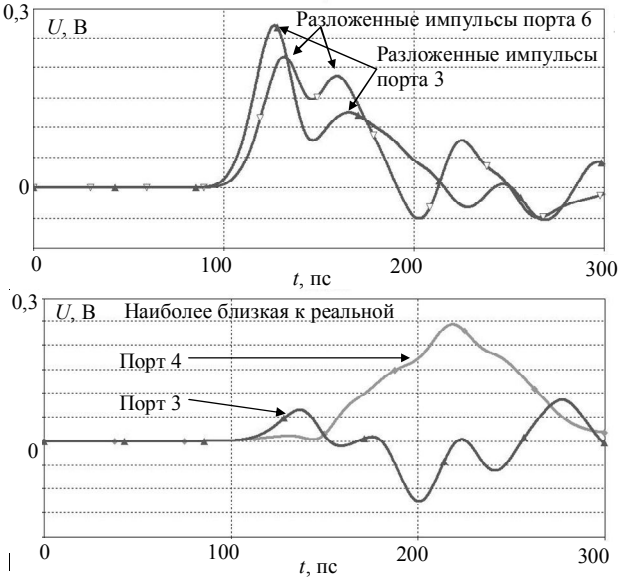
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

к реальной. В табл. 2 приведены формы сигналов при продольном воздействии с разной длиной (l) плоского печатного кабеля: 30, 60 мм.

Таблица 1

Сравнение форм сигналов ПП с ПП, наиболее близкой к реальной

Формы сигналов (В, пс), при воздействии гауссовым импульсом

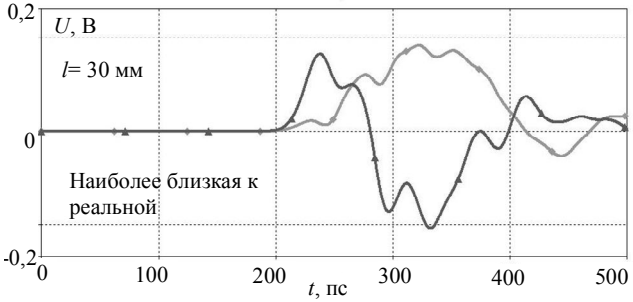


Из табл. 1 видно, что модальное разложение импульса в ПП наиболее близкой к реальной, менее выражено.

Таблица 2

Зависимость форм сигналов от разной длины печатного кабеля

Формы сигналов (В, пс), при воздействии гауссовым импульсом



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Продолжение табл.

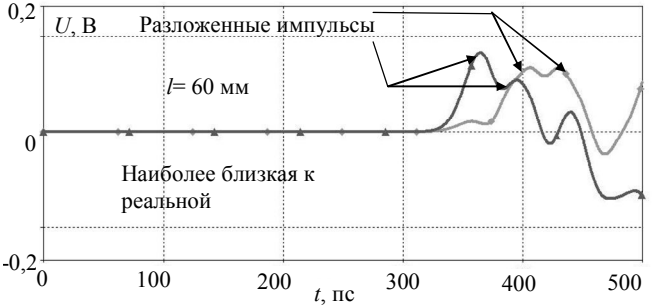


Таблица 2 показывает, что изменение длины печатного кабеля влияет на модальное разложение импульса в ПП БА, в следующих работах планируется рассмотреть модальные явления в печатных кабелях без ПП.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бевзенко И.Г.* Модальное разложение импульса в печатных платах бортовой аппаратуры // Наст. сб.

ПРИМЕНЕНИЕ ФЭУ В ИССЛЕДОВАНИЯХ И РАЗРАБОТКЕ ТЕЛЕВИЗИОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

П.В. Бухаров, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, ppbuharov@gmail.com

В большинстве областей применения вакуумные фотоэлектронных приборы интенсивности световых сигналов оказываются слишком слабыми для того, чтобы их можно было измерить, а иногда и обнаружить с помощью фотоэлементов. Поэтому чрезвычайно перспективным оказался изобретенный в 1930 г. Леонидом Александровичем Кубецким «многоэлементный электронный прибор», в котором в одном вакуумном баллоне были размещены фотокатод и группа электродов, обеспечивающих усиление (умножение) первичного потока фотоэлектронов за счет использования эффекта вторичной эмиссии [1].

Фотоэлектронные умножители строятся из трех основных частей:

а) катодной камеры – фотокатода и группы электродов, создающих вместе электронно-оптический иммерсионный объектив, который обеспечивает сбор фотоэлектронов на первый динод;

б) умножительной системы – группы динодов, чаще всего от 8 до 13;

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

в) анодного блока, в который входят анод, последний динод и иногда вспомогательные электроды.

Преимуществами ФЭУ по сравнению с альтернативным вариантом фотоэлемент и усилитель являются значительно лучшие порог чувствительности и временное разрешение [1].

Исследование зависимости освещенности экрана ЭОП от его режимов работы проводились при помощи ФЭУ-29. Для проведения экспериментов, прежде всего, требуется провести калибровку ФЭУ, т.е. выяснить соответствие тока на выходе ФЭУ (I) освещенности фотокатода ФЭУ (E). Результаты калибровки ФЭУ представлены на рис. 1. Как видно из рисунка, кривая, получившаяся в ходе эксперимента (сплошная линия), не соответствует теоретическим данным (пунктирная линия). Максимальное отклонение составляет 40 мкА.

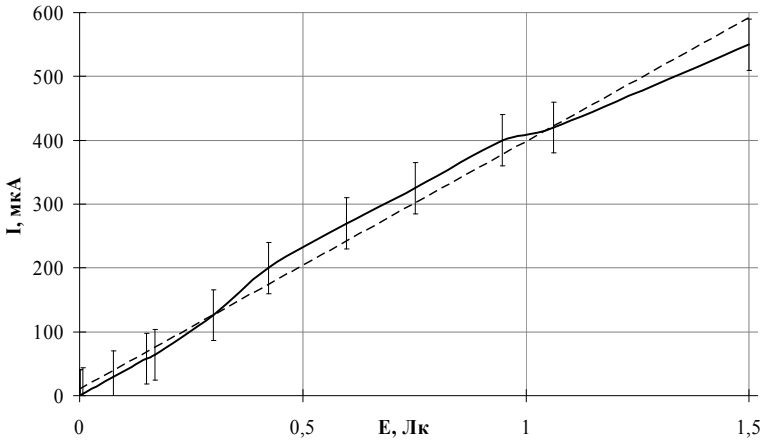


Рис. 4. Калибровочная кривая ФЭУ

Полученные соответствия удобно применять при исследовании различных оптических и электронно-оптических приборов.

Например, при изменении питания фотокатода ЭОП ($U_{ФК}$, В) изменение освещенности экрана ЭОП ($E_{ФЭУ}$, Лк) имеет вид, представленный на рис. 2. При проведении эксперимента ФЭУ устанавливается непосредственно после экрана ЭОП, поэтому освещенность ФЭУ равна освещенности экрана ЭОП.

Как и фотоэлементы, ФЭУ предназначены для преобразования потоков светового излучения в электрические аналоги. При этом очевидно, что электрические сигналы-аналоги должны различаться на фоне собственных шумов ФЭУ и шумов измерительной аппаратуры и иметь амплитуду, достаточную для срабатывания регистрирующих

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

устройств или для заметного отклонения стрелки прибора или луча на экране осциллографа.

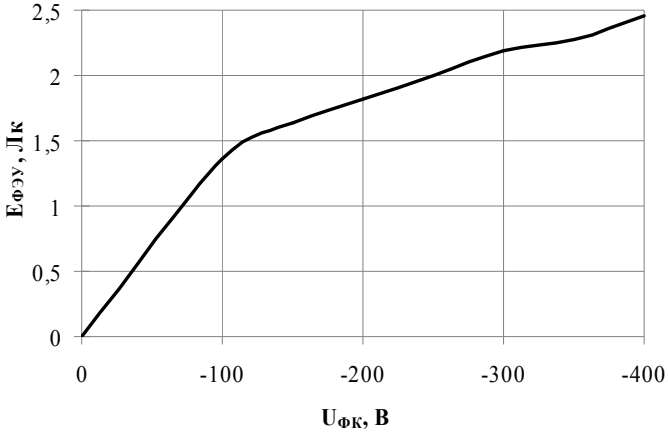


Рис. 5. Зависимость освещенности Экрана ЭОП от напряжения на ФК ЭОП

Для многих применений, кроме того, важна адекватность отображения формы световых сигналов или точность воспроизведения их на оси времени (временная корреляция сигналов), т.е., используя принятую терминологию, высокая временная разрешающая способность [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Фотоэлектронные* умножители. [Электронный ресурс]: Резонансъ. Режим доступа: http://www.fine-vision.ru/2.html, свободный.

2. *Берковский А.Г., Гаванин В.А., Зайдель И.Н.* Вакуумные фотоэлектронные приборы. 2-е изд., перераб, и доп. М: Радио и связь, 1988. 272 с.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ИЗУЧЕНИЮ ФОРМАТОВ JPEG

В.В. Капустин, К.А. Прейс, студенты 6-го курса;
Г.Д. Казанцев, А.Г. Костевич, доценты
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, shoot@sibmail.com, ak@tu.tusur.ru

В связи с внедрением цифрового телевизионного вещания в России в 2010–2015 гг. становятся актуальными создание и развитие в ТУСУРе лабораторного практикума по изучению цифрового телевидения. Основой цифрового телевидения является компрессия изображений. Методы компрессии/декомпрессии изображений разнообразны, достаточно сложны и в некоторых случаях труднодоступны для пони-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

мания ввиду отсутствия «визуального» эффекта при изучении алгоритмов, состоящих из нескольких последовательных процедур (из-за подробностей не видно главного).

В данной статье приводятся результаты работы по созданию программной реализации кодера/декодера в стандарте JPEG. Разрабатываемая программа включает в себя: преобразование цветового пространства RGB в YCrCb, сегментирование (блоки, макроблоки), дискретное косинусное преобразование (ДКП), квантование ДКП коэффициентов, зигзаг-сканирование, RLE, кодирование Хаффмана. При декодировании выполняются обратные процедуры в обратном порядке.

Средствами GUIDE и редактора m-файлов MATLAB разработан графический интерфейс пользователя (рис. 1), позволяющий в интерактивном режиме управлять параметрами кодирования и анализировать результаты кодирования (степень компрессии и качество кодирования).

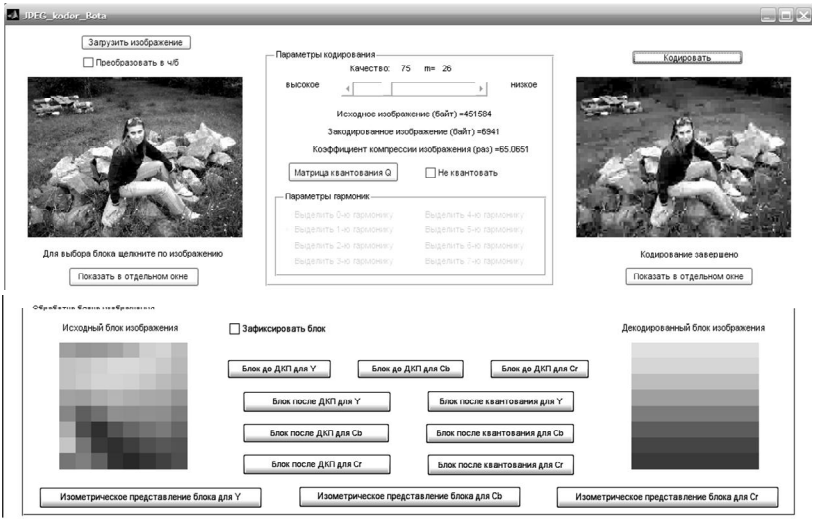


Рис. 1. Графический интерфейс программы JPEG

Для детального изучения процедуры кодирования / декодирования интерфейс позволяет выбрать любой блок изображения и изучить изменение значений элементов матрицы выбранного блока на разных этапах выполнения процесса кодирования-декодирования (на входе кодера, после ДКП, после квантования, после зигзаг-сканирования, после энтропийного кодера и т.д.). Имеется также возможность рас-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

смотреть в изометрии матрицы блока исходного изображения (рис. 2, *а*), блоков после ДКП (рис. 2, *б*), после квантования (рис. 2, *в*) и блока декодированного изображения (рис. 2, *г*) отдельно для яркостной *Y* (рис. 2) и цветоразностных компонент Cr и Cb.

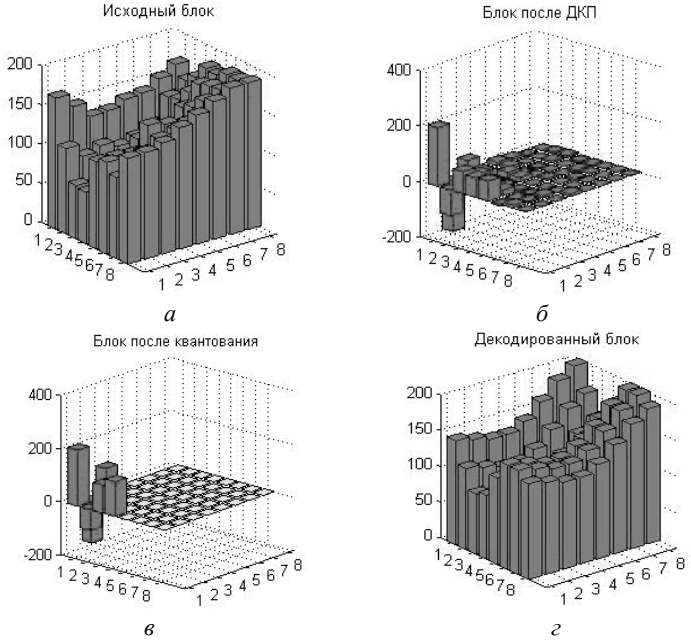


Рис. 2. Яркостный блок в изометрическом представлении

В стадии разработки находится программная реализация кодера / декодера стандарта JPEG2000, рассматривающая wavelet-преобразование (рис. 3.), где наглядно представлен процесс кодирования-декодирования изображения на основе формата JPEG2000. Формат JPEG2000 является усовершенствованной системой кодирования цифровых изображений, по сравнению с обычным форматом JPEG, и позволяет избавиться от его главного недостатка – заметной блочной структуры изображения (при сильном сжатии). Стандарт позволяет достигать большей степени компрессии (до 30%) при меньших потерях качества.

Создаваемое программное обеспечение для полноценной работы не требует наличия среды MATLAB и позволяет реализовать лабораторный практикум по темам: сжатие данных на основе ДКП; исследование энтропийного сжатия на основе кодирования Хаффмана; сжатие

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

данных на основе wavelet-преобразований; исследование энтропийного сжатия на основе арифметического кодирования.

Рис. 3. Одноуровневое wavelet-преобразование

В заключение отметим, что проект ориентирован на обучение студентов принципам кодирования как статических цифровых изображений, так и цифровой видеоинформации в интерактивной простой и понятной форме.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С.* Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. 616 с.

2. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука. М.: Техносфера, 2004. 368 с.

МЕТОДЫ ТРЕКИНГА ГОЛОВЫ ЧЕЛОВЕКА НА ВИДЕО

О.А. Кривцов, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, olegkrivtsov@mail.ru

Введение. Отслеживание (трекинг) головы человека – это решение задачи последовательного определения ее положения на видеокадрах. Трекинг головы применяется при создании систем 3D компьютерной анимации, разработке интерфейсов человек–компьютер, проведении видеоконференций в сети Интернет, стабилизации изображения лица. В данной работе представлен оригинальный ретроспективный обзор развития методов трекинга головы человека.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Развитие методов трекинга. Важным событием в истории развития методов визуального трекинга стало создание в 1981 г. Дж. Лукасом и Т. Канаде алгоритма сопоставления (или регистрации) двух изображений [1]. Этот алгоритм по классификации, предложенной С. Бэкером и И. Мэтьюсом [2], также можно назвать прямым аддитивным алгоритмом. В данном методе используется градиент интенсивности пикселей изображения, а параметры наилучшего совпадения изображений определяются алгоритмом минимизации Ньютона. Лукас и Канаде показали, каким образом можно обобщить этот алгоритм на случаи перемещения, вращения, масштабирования и других моделей движения. Алгоритм [1] стал фактическим стандартом для использования во многих задачах, например таких, как компрессия видео (MPEG и H.263) и трекинг лица и головы человека [3]. В дальнейшем появились многочисленные модификации и аналогичные ему методы, например [4].

Ранние подходы к отслеживанию головы человека упрощенно предполагали, что голова не может испытывать сильных отклонений вне плоскости видеокадра, поэтому их можно назвать двумерными (2D) методами. Такие методы опирались на задание и отслеживание характерных точек лица, устойчивых градиентных краев, контуров или на информацию о цвете изображения. Так, в 1998 г. Г. Брадски создал алгоритм CAMSHIFT [5], который на основе цветовой информации способен отслеживать лицо с 4 степенями свободы.

Направление, основанное на построении геометрических текстурных моделей головы человека, также постепенно эволюционировало от двухмерных подходов (например, двумерный эллипс, прямоугольная плоская модель [5]) до полностью трехмерных методов (например, эллипсоидальная модель головы [6]).

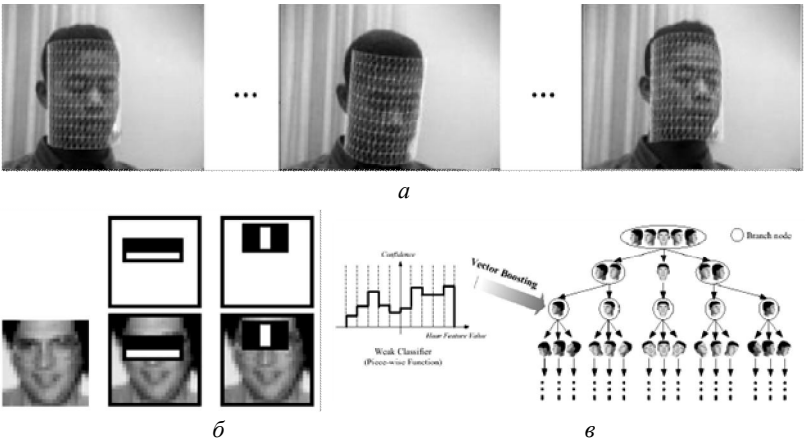
Приемлемую точность обеспечивает цилиндрическая модель головы [7], предложенная М. Ла Каскиа и др. в 1998 г. По мнению автора, наиболее распространенной моделью головы в различных работах является именно цилиндрическая модель головы (рис. 1, *а*), что на наш взгляд, объясняется сравнительной простотой реализации и хорошей точностью.

С развитием ЭВМ осуществляются попытки создания модели лица, пригодной для анимации. К таким моделям относится трехмерная сеточная модель Candide, которая была создана М. Ридфалком в 1987 г. [8]. Впоследствии модель Candide несколько раз модифицировалась для достижения более реалистичного результата. Последняя версия Candide-3 состоит из 3D проволочной сетки из 113 вершин и 184 треугольников.

В 1998 г. Дж. Эдвардсом предложена деформируемая модель лица [9] под названием Active Appearance Model, позволяющая отслеживать мимику лица пользователя и пригодная для ее анимации.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Развивается также и направление трекинга головы с использованием методов распознавания образов. Ранние подходы использовали метод главных компонент (PCA) для создания моделей визуальных объектов, основанных на собственных пространствах (eigenspaces), или метод опорных векторов (SVM). Использовались и различные топологии нейронных сетей, такие как сети вейвлетов Габора или ассоциативная память.



а *б* *в*

Рис. 1. Цилиндрическая модель головы – *а* [3]; *б* – «характеристики» Хаара в детекторе [10]; *в* – схема мультивидового детектора [11]

Развитие группы методов трекинга головы человека, основанных на распознавании образов, базируется на алгоритме [10], разработанном в 2000 г. П. Виолой и М. Джонсом. Этот алгоритм основан на представлении изображения в специальном «интегральном виде» и построении каскада из «слабых» классификаторов (см. рис. 1, *б*), так называемых характеристик Хаара (англ. Haar features).

Метод [10] стимулировал большой интерес к разработке более общих систем и подтолкнул разработку детекторов головы независимо от направления съемки (мультивидовых детекторов). В алгоритмах этого направления классификаторы формируются в древовидную структуру таким образом, чтобы одновременно проводить классификацию (объект/необъект), и определять ориентацию объекта в пространстве (см. рис. 1, *в*).

Первые прототипы веб-камер появились в 1991 г. В наше время распространены как дешевые камеры, подключаемые через интерфейс USB и устанавливаемые на мониторе, так и веб-камеры, встраиваемые в мониторы и ноутбуки. Это подтолкнуло разработку алгоритмов

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЧМВ, позволяющих управлять компьютером путем анализа видеоизображения пользователя. Так, активно исследуется проблема управления курсором мыши путем трекинга головы пользователя [12].

Представлен оригинальный ретроспективный анализ методов трекинга головы человека на видеокадрах, призванный помочь исследователю системно проанализировать группы методов решения этой проблемы, имеющиеся в настоящее время.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lucas B.* An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision / B.D. Lucas, T. Kanade // Proc. 7th Intnl. Joint Conf. on Artificial Intelligence. Vancouver; British Columbia, 1981. P. 674–679.

2. *Baker S.* Lucas-Kanade 20 Years On: A Unifying Framework: Part 1 / S. Baker, I. Matthews // Tech. report CMU-RI-TR-02-16, Robotics Institute. Pittsburg: Carnegie Mellon University. 2002. 47 p.

3. *Robust* Full-Motion Recovery of Head by Dynamic Templates and Reregistration Techniques / J. Xiao, T. Moriyama, T. Kanade, J. Cohn // Intnl. Journal of Imaging Systems and Technology. N.Y: Wiley, 2003. Vol. 13. P. 85–94.

4. *Hager G., Belhumeur P.* Efficient Region Tracking With Parametric Models of Geometry and Illumination // IEEE Tran. Pattern Analysis and Machine Intelligence. Washington, DC: IEEE Computer Society, 1998. Vol. 20. P. 1025–1039.

5. *Bradski G.* Computer Vision Face Tracking for Use in Perceptual User Interface // Intel Technology Journal. Intel, 1998. Vol. Q2. P. 15.

6. *Bottino A.* Real Time Head and Facial Features Tracking from Uncalibrated Monocular Views // Proc. 5th Asian Conf. on Comp. Vision. Melbourne: Asian Federation of Comp. Vision Societies, 2002. Vol. 2. P. 776–781.

7. *Cascia M.* Head Tracking via Robust Registration in Texture Map Images / M. La Cascia, J. Isidoro, S. Sclaroff // In Proc. IEEE Conf. on Comp. Vision and Pattern Recognition. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 1998. P. 508–514.

8. *Rydfalk M.* CANDIDE, a Parameterized Face // Report No. LiTH-ISY-I-866, Dept. of Electrical Engineering. Linkoping University, Sweden, 1987.

9. *Edwards G.J., Taylor C.J., Cootes T.F.* Interpreting face images using active appearance models // Intnl. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition. 1998. P. 300–305.

10. *Viola P., Jones M.J.* Robust Real-Time Face Detection // Intnl. Journal of Computer Vision – Netherlands. 2004. Vol. 57, № 2. P. 137–154.

11. *Li Y., Ai H., Huang C., Lao S.* Robust Head Tracking with Particles Based on Multiple Cues Fusion // Proc. of CVHCI06. B: Springer-Verlag, 2006. P. 29–39.

12. *Вежневец В., Шоргин Р., Вежневец А.* Система управления курсором «мыши» при помощи движений головы пользователя // Труды конф. по компьютер. графике и машинному зрению Graphicon-2006. Новосибирск, 2006. С. 455–458.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ВАРИАНТЫ КОНСТРУКТИВНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕЧАТНОГО МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА

О.М. Кузнецова-Таджибаева*, ведущий инженер-конструктор,
И.Е. Самотин**, аспирант
** г. Томск, Открытое акционерное общество «Научно-производственный центр «Полюс»,POLUS@ONLINE.TOMSK.NET*
*** г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, iesam_84@mail.ru*

Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) аппаратуры становится всё более актуальным. Одним из его важных направлений является защита от опасных кондуктивных воздействий, в частности высоковольтных сверхкоротких импульсов (СКИ). Как правило, существующие быстродействующие защитные устройства обладают небольшой мощностью, а мощные – недостаточным быстродействием. Это может привести к беспрепятственному проникновению СКИ в аппаратуру.

Поэтому необходимо создание средств защиты аппаратуры, построенных на принципах, которые помогут избавиться от недостатков существующих защитных устройств. Таким принципом представляется эффект модальной фильтрации, основанный на делении исходных СКИ на импульсы с меньшими амплитудами [1]. Общие подходы к созданию печатного модального фильтра описаны в [2], однако его конструктивная реализация ещё не рассмотрена.

Цель данной работы – рассмотреть варианты конструктивной реализации модального фильтра.

Первый вариант (рис. 1, *а*) представляет собой структуру из трех печатных проводников. Два из них (активный и пассивный) одинаковой ширины расположены на одной стороне платы, третий (опорный) – на обратной стороне строго посередине относительно верхних.

Второй вариант (рис. 1, *б*) представляет собой структуру из трех печатных проводников, расположенных на одной стороне платы. Ширина проводников одинакова, расстояния между соседними проводниками равны.

Модальный фильтр (рис. 1, *в*) возбуждается в начале активного проводника генератором ЭДС с внутренним сопротивлением $R_{акт}$, равным волновому сопротивлению фильтра 100 Ом. В пассивном проводнике сделаны разрывы. В этих разрывах между пассивным и опорным проводниками включены согласующие резисторы. Таким образом, получены последовательно соединенные отрезки, причем каждый следующий длиннее предыдущего в два раза. В качестве согласующих выбраны резисторы типа Р1-12 мощностью 2 Вт, сопротивлением 100 Ом. Это малогабаритные безындуктивные резисторы, стойкие к

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

воздействию механических, климатических и биологических факторов, не имеющие резонанса при частоте вибрации 1–5000 Гц. Эти резисторы можно использовать в электрических цепях аппаратуры при воздействии на них одиночных импульсов напряжения длительностью 0,25 мкс с максимальным значением амплитуды 1215 В.

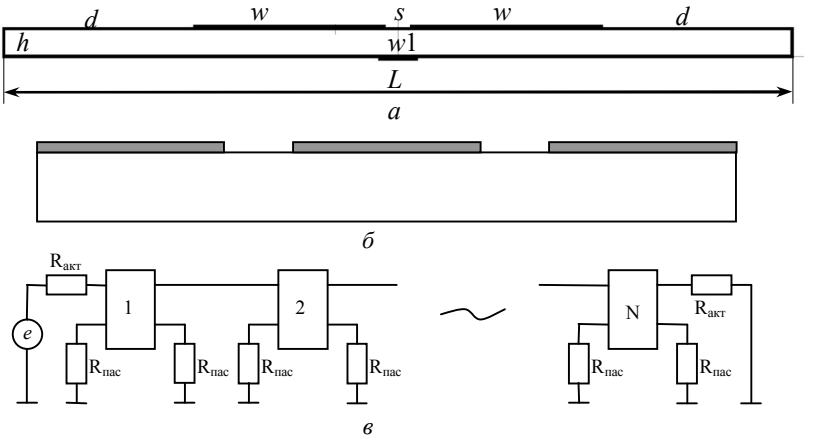


Рис. 1. Варианты конструктивной реализации (*а*, *б*) и принципиальная схема (*в*) модального фильтра

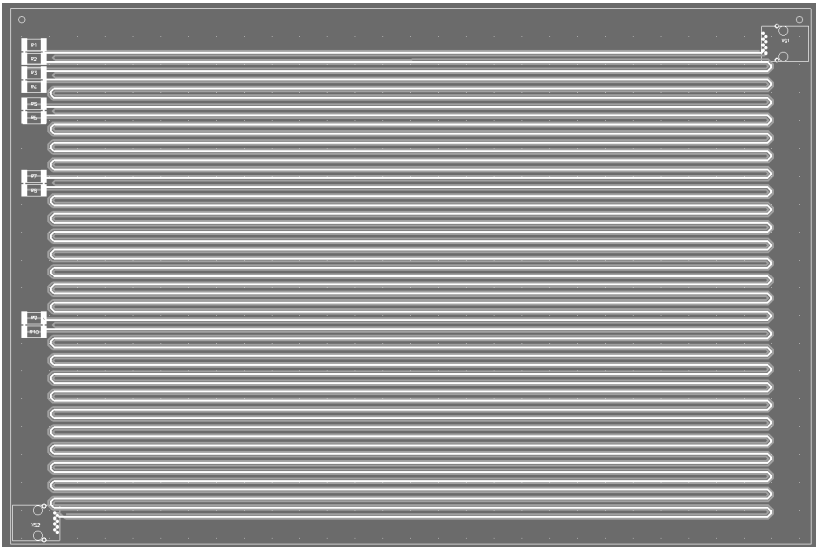


Рис. 2. Эскиз печатной платы модального фильтра

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Чтобы на плате поместилось как можно больше последовательно соединенных отрезков, печатные проводники можно расположить в виде меандра, а резисторы установить в местах изгиба проводников. Выполнен эскиз возможной печатной платы модального фильтра (рис. 2) для первого варианта (см. рис. 1, *а*).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Газизов Т.Р., Заболоцкий А.М.* Модальное разложение импульса в отрезках связанных линий как новый принцип защиты от коротких импульсов // Технологии ЭМС. 2006. № 4. С. 40–44.

2. *Самотин И.Е.* Подходы к созданию модального фильтра для защиты от сверхкороткого импульса // Электронные и электромеханические системы и устройства: Тез. докл. XVIII науч.-техн. конф. ОАО НПЦ «Полюс». Томск, 2010.

ЦИФРОВОЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ БОРТОВОЙ СЕТИ АВТОМОБИЛЯ*

А.В. Лепунов, С.Ф. Ануфриев, Н.И. Токарев, студенты;
В.А. Шалимов, проф.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, jet_rtf@sibmail.com

В настоящее время в связи с развитием технического прогресса, автомобиль стал не просто роскошью, а надежным и комфортабельным средством передвижения. Современный автомобиль должен обеспечивать максимальную безопасность, высокие эксплуатационные показатели, и, конечно же, удобство и комфорт. Для достижения этих целей создатели насыщают автомобили дополнительными устройствами, делающими современный автомобиль тем, чем он является. Но все эти устройства потребляют много энергии. Отсюда возникает проблема обеспечения автомобиля стабильным электропитанием.

Основным источником электрической энергии в автомобиле служит генераторная установка. Она включает в себя генератор, регулятор напряжения и аккумулятор.

Регулятор напряжения призван поддерживать напряжение в заданных пределах (максимальное отклонение напряжения должно быть ±3% от оптимального значения) при всех возможных режимах работы генератора: отключенных и полностью включенных потребителях электроэнергии; номинальных и максимальных оборотах двигателя, а также при изменениях температуры и влажности.

* Выполнено в рамках проекта ГПО ТУ-0905 – Автомобильная электроника.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В большинстве современных электронных регуляторов диапазон регулируемого напряжения колеблется в среднем в пределах 13,2–14,7 В, что превышает допустимые нормы для стабильной работы электронных систем автомобиля [1–2]. Регулирование напряжения происходит путем включения-выключения тока в обмотки возбуждения, из-за чего напряжение в сети электрооборудования постоянно пульсирует. Это не только сильно сокращает срок службы различных устройств автомобиля, но и вносит значительные помехи в работу бортового компьютера, навигационных систем и др.

Недостатками электронных регуляторов напряжения являются: низкая помехоустойчивость и нестабильность параметров, обусловленные сильной зависимостью свойств их составляющих от внешних дестабилизирующих воздействий, например температуры, времени (старение элементов).

Следовательно, нужен такой регулятор напряжения, который бы не «боялся» низких температур, имел более высокие качественные показатели, чем существующие, и обладал встроенными элементами «интеллекта». Разрабатываемый цифровой регулятор напряжения будет отличаться от существующих регуляторов напряжения тем, что обеспечит повышенную стабильность выходного напряжения, сможет работать при температуре до минус 55 ^{o}C. Но даже в цифровом варианте существует множество способов построения регулятора напряжения, окончательный же выбор можно сделать только после экспериментальной проверки.

Для преобразования выходного напряжения генераторной установки в цифровой эквивалент нам потребуется аналого-цифровой преобразователь. Выходной код АЦП мы будем сравнивать с цифровым эквивалентом эталонного напряжения с помощью цифрового компаратора. В случае если код на выходе цифрового эталона больше, чем на выходе АЦП, выходной сигнал компаратора через схему сопряжения увеличит ток возбуждения генератора, а в случае, если цифровой код АЦП больше цифрового кода эталона, – уменьшит ток возбуждения.

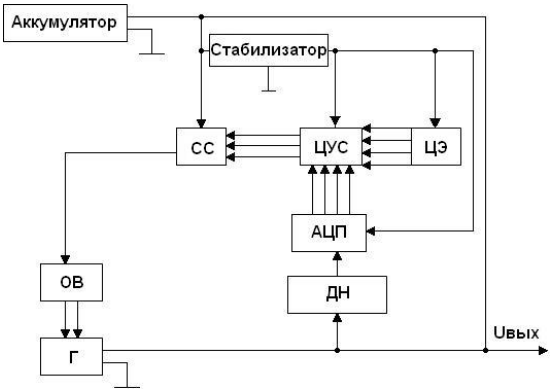
Для работы АЦП, цифрового компаратора и цифрового эталона требуется напряжение питания. В качестве источника такого напряжения разумнее всего взять аккумулятор, но напряжение аккумулятора слишком велико (12 В при обычном напряжении питания для микросхем 5 В) и нестабильно. Для устранения этих недостатков ставим стабилизатор питания.

Структурная схема разрабатываемого цифрового регулятора напряжения приведена на рисунке.

В настоящее время выбрана элементная база цифрового регулятора, разработана принципиальная схема, собран макетный образец, ис-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

пытана работа АЦП и цифрового компаратора, уточняются варианты построения схемы сопряжения, готовится стенд для испытаний регулятора на реальных генераторах [3–4].



Структурная схема цифрового регулятора, где Г – автомобильный генератор, ОВ – обмотка возбуждения генератора, ДН – делитель напряжения, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, ЦУС – цифровое устройство сравнения (компаратор), ЦЭ – цифровой эталон, СС – схема сопряжения

ЛИТЕРАТУРА

1. *Синельников А.Х.* Электроника в автомобиле. М.: Радио и связь, 1986. 96 с.

2. *Акимов А.В., Акимов С.В., Лейкин Л.П.* Генераторы зарубежных автомобилей. М.: За рулем, 1998. 80 с.

3. *Якубовский С.В., Ниссельсон Л.И., Кулешова В.И.* Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы: справочник. М.: Радио и связь, 1990. 496 с.

4. Поиск информации об электронных компонентах: микросхемы, транзисторы, диоды //www.datasheet.ru

СОЗДАНИЕ ПРИВЯЗКИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ К СХЕМНОМУ КОМПОНЕНТУ В СИСТЕМЕ ALTIUM DESIGNER*

М.Н. Литвинова, студентка

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, MYLI_M@sibmail.com

С каждым днём в ходе проектирования радиоэлектронной аппаратуры всё более востребованным и даже необходимым становится моделирование. Сегодня в мире создания проектов существует множество различных систем, среди которых одно из ведущих мест занимает

* Выполнено в рамках проекта ГПО ТУ-0717 «Система компьютерного моделирования произвольных структур проводников и диэлектриков».

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

комплексная система автоматизированного проектирования (САПР) радиоэлектронных средств Altium Designer, разработанная австралийской компанией Altium. Ранее эта же фирма выпустила на рынок САПР P-CAD, который приобрёл необычайную популярность среди российских разработчиков печатных плат. В 2008 г. фирма Altium предложила вместо программных пакетов P-CAD использовать систему программирования Altium Designer, первая версия которой появилась в 2000 г. и изначально имела название Protel. В 2006 г. данный программный продукт получил текущее название Altium Designer. Пакет состоит из двух основных частей, базирующихся на единой интегрированной платформе DXP:

- Altium Designer Custom Board Implementation – проектирование печатных плат и ПЛИС;
- Altium Designer Custom Board Front-End Design – проектирование ПЛИС, схемотехническое проектирование и моделирование.

Однако зачастую разработчики используют только первую часть, без моделирования схемы. Это отчасти связано с необходимостью поиска отсутствующих Spice-моделей компонентов. Между тем система Altium Designer зарекомендовала себя не только в качестве программы проектирования печатных плат, но и как мощный инструмент смешанного цифроаналогового моделирования, предоставляющий в распоряжение разработчика множество готовых Spice-моделей компонентов и удобные возможности их привязки.

Данная статья описывает способы получения имитационной модели и создание привязки модели к схемному компоненту [1].

Для получения имитационной модели существует множество различных источников: вебсайт изготовителя компонента; компания, специализирующаяся на создании имитационных моделей; различные пакеты программного обеспечения моделирования; пользовательские шаблоны.

Существуют следующие виды SPICE моделей: SPICE3f5, PSpice®, HSPICE®, и Eldo®. Создание и автоматическая привязка Spice модели компонента к уже существующим или новым символам библиотечных компонентов осуществляется посредством мастера SPICE модели. Если создаётся привязка к новому компоненту, то этот компонент будет создан мастером автоматически.

Если уже есть требуемая имитационная модель, то необходимо обеспечить её совместимость с системой Altium Designer. Как правило, она должна быть выполнена в одном из поддерживаемых форматов: SPICE3f5; XSpice; PSpice. Файл простой модели необходимо сохранить с расширением *.mdl (например, MyBJT.mdl); более сложную SPICE подсхему – с расширением *.ckt (например: MyOpAmp.ckt).

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

При реализации нового устройства первым шагом является создание схемного библиотечного компонента, а также задание его графического символа. Это делается с помощью Schematic Library Editor (редактора схемной библиотеки).

Далее необходимо создать привязку для файла имитационной модели одним из следующих способов:

- в области Models (Модели) главного проектного окна Редактора из списка доступных типов моделей выбрать Simulation (Имитационную модель);
- в области Models (Модели) панели SCH Library (SCH-библиотека) кнопкой Add (Добавить) в появившемся окне диалога Add New Model (Добавление новой модели) в качестве типа модели выбрать Simulation (Имитационную модель);
- в диалоговом окне Model Manager (Менеджер Модели) (Tools « Model Manager) (инструменты « Менеджер Модели) выделить компонент, кнопкой Add (Добавить) развернуть список доступных типов моделей и выбрать Simulation (Имитационную модель).

После добавления привязки имитационной модели к компоненту, необходимо воспользоваться диалоговым окном Sim Model (Sim-модель), центром управления для конфигурирования привязки.

Следующий шаг – задание типа модели. Поля Model Kind (Вид модели) и Model Sub-Kind (Подвид модели) необходимо установить в соответствии с конкретным типом привязываемой модели. Поле Model Kind (Вид модели) даёт доступ к категориям аналоговых устройств моделей, встроенных в SPICE. Поле Model Sub-Kind (Область подвида модели) перечисляет все типы моделей в выбранной категории.

Также Altium Designer позволяет с помощью специального описательного языка Digital SimCode проектировать модели цифровых устройств, для которых задаётся имя модели в поле Model Name (Имя модели) в диалоге Sim Model (Sim-модель), которое и будет выступать в роли файла модели. Для MDL- и CKT-файлов имена должны быть такими, чтобы их можно было представить в виде строки задания модели с расширением .MODEL и .SUBCKT соответственно.

Область Model Location (Место расположения модели) диалога Sim Model (Sim-модель) служит для управления местом расположения модели. При успешной привязке модели будет показано место, где обнаружен соответствующий ей файл (с расширением *.mdl, *.ckt).

Для многих типов моделей есть возможность установить один или более параметров на уровне компонента. Это выполняется во вкладке Parameters (Параметры) окна диалога Sim Model (Sim-модель).

Также понадобится ввести Шаблон списка соединений, подходящий для данного моделируемого цифрового устройства при помощи

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

вкладки Netlist Template (Шаблон списка соединений) диалога. Шаблон списка соединений служит для доступа к информации, которая вводится в список соединений XSpice для заданного компонента. Это делается с помощью вкладки Netlist Template (Шаблон списка соединений) в нижней части диалогового окна Sim Model (Sim-модель), что показано на рис. 1.

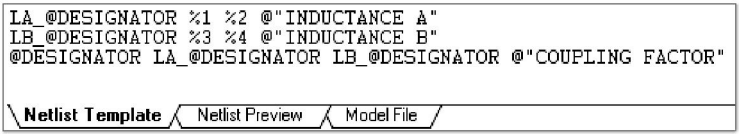


Рис. 1. Пример содержания Шаблона списка соединений для модели связанной катушки индуктивности

Altium Designer обеспечивает способность размещать компоненты из базы данных изготовителя созданием и применением Database Library (Библиотеки базы данных) (*.DBLib). Размещение выполняется из панели Libraries (Библиотеки), которая после установки библиотеки действует как программа просмотра в базе данных.

Altium Designer обеспечивает мощную поддержку для SPICE3f5-моделей, XSpice-моделей, PSpice-моделей, а также моделей подсхем и цифровых SimCode-моделей. Для каждого типа модели устанавливается определённый вид, подвид и требуемые параметры.

Таким образом, система Altium Designer даёт в распоряжение пользователя простые инструменты создания и привязки Spice-моделей для схемного анализа моделируемых устройств.

ЛИРЕРАТУРА

1. *Linking* a Simulation Model to a Schematic Component Application Note AP0142 (v1.1) 2008. March 19. P. 15.

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ЭВОЛЮЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СТРУКТУР ПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

А.О. Мелкозеров, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, ame@tu.tusur.ru

В настоящее время системы компьютерного моделирования относятся к основным рабочим инструментам проектировщика радиоэлектронных устройств. Система компьютерного моделирования сложных структур проводников и диэлектриков (далее система) разрабатывает-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ся на кафедре телевидения и управления с 2002 г. и предназначена для решения задач электромагнитной совместимости (ЭМС), которые нередко возникают при проектировании современной радиоаппаратуры. Система имеет модульный принцип построения, где каждый модуль реализует определенные функции, которые в совокупности образуют полноценный инструментарий для решения задач ЭМС.

Одним из наиболее активно используемых модулей системы является модуль оптимизации генетическими алгоритмами (ГА), который предоставляет возможности оптимизации задаваемых пользователем структур проводников и диэлектриков по произвольному набору параметров [1]. Однако, помимо ГА, существует множество других методов оптимизации, которые имеют свои преимущества и недостатки по сравнению с ГА. Один из таких методов – эволюционные стратегии (ЭС), которые наряду с ГА относятся к эволюционным алгоритмам. В проведенном в 2009 г. экспериментальном сравнении алгоритмов оптимизации [2] ЭС показали для ряда сложных целевых функций лучшие результаты. По этой причине представляется важным дополнить систему модулем оптимизации с помощью ЭС.

Цель этой работы – описать реализацию модуля ЭС в системе и представить результаты оптимизации тестовой функции.

Модуль ЭС состоит из двух основных частей – собственно программного кода ЭС и сервисной части, которая позволяет пользователю системы задавать параметры ЭС и запускать оптимизацию путем ввода соответствующих команд через пользовательский интерфейс системы. Текущая версия модуля реализует базовую версию ЭС – так называемую самоадаптационную ЭС с усредняющей рекомбинацией, $(\mu/\mu_I, \lambda)$–σСА–ЭС. Её алгоритм представлен на рис. 1. $(\mu/\mu_I, \lambda)$–σСА––ЭС является полнофункциональной самонастраивающейся ЭС и служит основой для ряда современных высокопроизводительных версий ЭС, которые используются в сложных задачах оптимизации на практике.

В первой и второй строках алгоритма на рис. 1 инициализируются родительская величина мутации и родительский вектор параметров. λ потомков создаются в строках 5–10 следующим образом: для каждого потомка в строке 6 выполняется мутация величины мутации посредством логарифмически нормального оператора $e^{\tau N_l(0,1)}$, где $N_l(0,1)$ – случайная скалярная величина со стандартным нормальным распределением. Параметр самообучения τ в $e^{\tau N_l(0,1)}$ управляет скоростью самоадаптации. Направление вектора мутаций $\tilde{\sigma}_l \tilde{\mathbf{z}}_l$ определяется в строке 7 с помощью нормально распределенного случайного вектора

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$\mathbf{N}_l(\mathbf{0},\mathbf{I})$. В строке 8 генерируется вектор параметров потомка $\tilde{\mathbf{y}}_l$, который используется в вычислении целевой функции $\tilde{F}_l$ в строке 9.

1. $\sigma^{(0)} \leftarrow \sigma_{init}$
2. $\mathbf{y}^{(0)} \leftarrow \mathbf{y}_{init}$
3. $g = 0$
4. **выполнять**
5. **цикл** $l = 1,\ldots,\lambda$ **начать**
6. $\tilde{\sigma}_l \leftarrow \sigma^{(g)} e^{\tau N_l(0,1)}$
7. $\tilde{\mathbf{z}}_l \leftarrow \mathbf{N}_l(\mathbf{0},\mathbf{I})$
8. $\tilde{y}_l \leftarrow y^{(g)} + \tilde{\sigma}_l \tilde{z}_l$
9. $\tilde{F}_l \leftarrow F(\tilde{\mathbf{y}}_l)$
10. **конец**
11. $\tilde{\mathbf{F}}_{sort} \leftarrow$ сортировать $\left(\tilde{F}_{1..\lambda}\right)$
12. $\sigma^{(g+1)} \leftarrow \frac{1}{\mu}\sum_{m=1}^{\mu} \tilde{\sigma}_{m;\lambda}$
13. $y^{(g+1)} \leftarrow \frac{1}{\mu}\sum_{m=1}^{\mu} \tilde{y}_{m;\lambda}$
14. $g = g + 1$
15. **пока** $g < g_{\max}$

Рис. 1. Алгоритм (μ/μ_I, λ)–σСА–ЭС

После создания λ потомков упорядочиваются в строке 11 в соответствии с их значениями целевой функции. В строках 12 и 13 выполняется усредняющая рекомбинация величин мутаций и векторов параметров потомков с целью получения новой родительской величины мутации $\sigma^{(g+1)}$ и нового родительского вектора параметров $y^{(g+1)}$ для следующего поколения. Индекс m; λ обозначает m-й лучший из λ потомков (с m-м меньшим значением целевой функции для случая минимизации). После того, как цикл в строках 4–14 будет выполнен $g_{\max}$ раз, текущий родительский вектор параметров рассматривается как приближенное значение оптимума целевой функции $F(\mathbf{y})$.

После загрузки в систему модуля ЭС пользователю становится доступна команда ES_MIN, при вызове которой выполняется алгоритм на рис. 1 с переданными пользователем параметрами: размером популяции родителей μ и потомков λ, параметром самообучения τ и количеством поколений $g_{\max}$. Целевая функция строится на скриптовом языке системы по тем же правилам, что и для модуля ГА, поэтому мо-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

дуль ЭС можно использовать для оптимизации всех целевых функций, реализованных ранее для ГА. При этом нет необходимости вносить какие-либо изменения в сами целевые функции, достаточно изменить строку с командой, запускающей оптимизацию.

Для проверки корректности реализации ЭС была выполнена оптимизация сферической функции $F(\mathbf{y})=\|\mathbf{y}\|$ с размерностью пространства поиска N=10 и минимумом в точке $\mathbf{y}_{\min}=\mathbf{0}$. Результаты оптимизации с параметрами ЭС μ=3, λ=10, $\tau=1/\sqrt{N}$ приведены в таблице.

Результаты оптимизации тестовых функций

$g_{\max}$	10	20	30	50	100	200
$F(\mathbf{y}^{(g_{\max})})$	4,1	1,8	0,5	0,03	4,3e–5	1,e–10

Из таблицы видим, что ЭС приближается к минимуму $F(\mathbf{y}_{\min})=0$ с увеличением количества поколений $g_{\max}$. Таким образом, модуль ЭС корректно выполняет поиск минимума заданной функции.

Логическим продолжением этой работы будет сравнение производительности ЭС и ГА на тестовых функциях и практических задачах ЭМС, а также реализация более совершенной версии ЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мелкозеров А.О.* Реализация генетического алгоритма в системе компьютерного моделирования сложных структур проводников и диэлектриков // Матер. Всеросс. научно-техн. конф. Научная сессия ТУСУР-2004. Томск, 2004. В 3 ч. Ч. 1. С. 105–107.

2. *Hansen N., Auger A., Finck S., Ros R.* Real-parameter black-box optimization benchmarking 2009: Experimental setup. INRIA, Tech. Rep. RR-6828, 2009. http://hal.inria.fr/inria-00362649/en/.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

А.С. Попов, аспирант;
А.М. Воробьев, к.м.н., каф. медицины катастроф КемГМА
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, mailrus@bk.ru

Трудно оценить роль воды в нашей жизни. В среднем человек за сутки выпивает около 2 л воды [1].

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Согласно действующим стандартам питьевая вода (и водопроводная в том числе) должна быть безопасна в эпидемиологическом, радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Качество воды определяется целым рядом показателей (содержание тех или иных примесей), предельно допустимые значения которых задаются соответствующими нормативными документами, в частности, СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [2].

Зная конкретные характеристики конкретной воды (проведя анализ воды), можно подобрать оборудование для улучшения качества исходной воды, решить все проблемы, связанные с водой, выбирая способы очистки.

Особо остро вопрос чистой, а главное, безопасной воды встает в неблагоприятных для жизни человека условиях, в частности, условиях чрезвычайных ситуаций. Нарушение водоснабжения, попадание сточных и дренажных вод в водоемы с потенциально питьевой водой – одни из многих последствий чрезвычайных ситуаций. Откуда взять чистую, пригодную для употребления воду?

Состав воды, соответственно и качество, постоянно меняются. Взятые из водоема для анализа пробы воды, через час могут оказаться не актуальными, что может привести к непоправимым последствиям.

Разрабатываемая система позволит оперативно следить за критериями качества воды, изменениями ее состава и в зависимости от полученных данных будет приниматься решение о пригодности употребления воды в пищевых целях.

Система предназначена для выбора источников наименее загрязненной питьевой воды для забора с последующей глубокой очисткой.

В данном случае основными критериями качества являются такие критерии, как мутность, окисляемость, наличие и доля тех или иных химических примесей, которые косвенно указывают на источники загрязнения (например, сточные воды), общее число бактерий, кишечная палочка [2, 3].

Система состоит из двух основных частей:

– автономного модуля-анализатора (их может быть несколько);

– мобильной базовой GSM-станции.

Модуль-анализатор представляет собой завершенный элемент системы, необходимый для анализа воды и передачи данных о ее состоянии в централизованный пункт приема и обработки данных.

Вода проходит через мембранный фильтр при помощи насоса, очищается. Запрограммированный микроконтроллер считывает данные с комплексного датчика. Кодированная информация передается

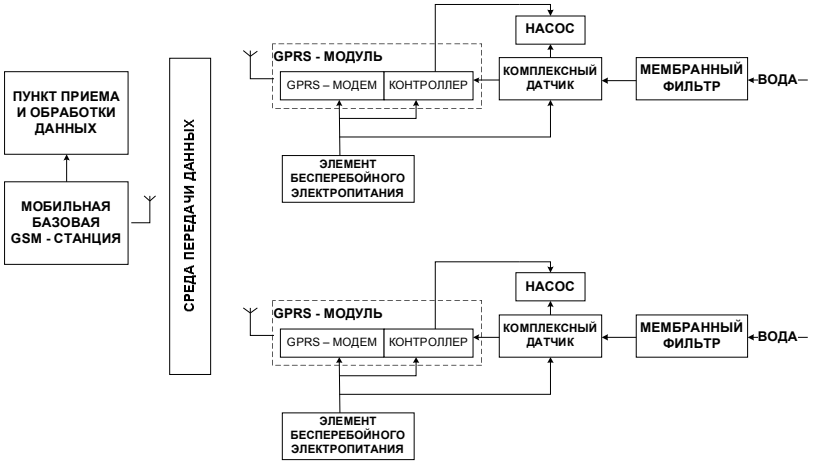
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

GPRS-модемом под управлением того же микроконтроллера на мобильную базовую GSM-станцию.

Использование мобильной базовой GSM – станции мотивировано высокой вероятностью выхода из строя стационарных пунктов установки базовых станций сотовой связи, что влечет за собой частичную или полную потерю связи.

Оборудование мобильной базовой станции сети GSM предназначено для быстрого развертывания, его компактность подходит для многих специальных областей применения, а его небольшая стоимость – для организации сетей с небольшой пропускной способностью или для расширения существующих сетей [2, 3].

Различные виды живых существ показывают, чем загрязнена окружающая среда. Какой бы совершенной ни была современная аппаратура, она не может сравниться с «живыми приборами», реагирующими на те или иные изменения, отражающие воздействие всего комплекса факторов, включая сложные соединения различных ингредиентов [3].



Структурная схема системы дистанционного мониторинга качества воды в условиях чрезвычайных ситуаций

На рисунке приведена структурная схема системы дистанционного мониторинга качества воды в условиях чрезвычайных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анализ* качества воды. «ЭкоЮнит» [Электронный ресурс]: [Москва]. Режим доступа: http://www.ecounit.ru/artikle_61.html [свободный].

2. *Технические* характеристики воды. «КонтурАква» [Электронный ресурс]: [Москва]. Режим доступа: http://www.aquafilter.ru/water/article/article6.htm [свободный].

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

3. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.

4. *Методы* оценки экологического состояния водоемов. «Зеленый парус» [Электронный ресурс]: [Нижний Новгород]. Режим доступа: http://edu.greensail.ru/monitoring/methods/bioindicat.shtml [свободный].

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В АКТИВНОЙ И ПАССИВНОЙ ЛИНИЯХ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА

Ю.Е. Решетников, студент; И.Е. Самотин, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, nobel1944@yandex.ru , iesam_84@mail.ru

Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) аппаратуры становится всё более актуальным. Одним из важных направлений ЭМС является защита аппаратуры от опасных кондуктивных воздействий, в частности высоковольтных сверхкоротких импульсов (СКИ). Как правило, существующие быстродействующие защитные устройства обладают небольшой мощностью, а мощные – недостаточным быстродействием. Это может привести к беспрепятственному проникновению СКИ в аппаратуру.

Поэтому необходимо создание средств защиты аппаратуры, построенных на принципах, которые помогут избавиться от недостатков существующих защитных устройств. Таким принципом представляется эффект модальной фильтрации, основанный на делении исходных СКИ на импульсы с меньшими амплитудами [1]. Модальные фильтры по принципу работы отличаются от отражающих и поглощающих фильтров [2]. Однако они имеют согласующие резисторы, поглощающие энергию сигнала помехи (рис. 1), принципы и критерии расчета которых остаются нерассмотренными.

Цель данной работы – изучение характера зависимости соотношения рассеиваемых в активной и пассивной линиях мощностей от временных параметров воздействующего импульса. Для достижения поставленной цели необходимо провести качественный анализ и количественную оценку вышеуказанной зависимости.

Качественный анализ позволяет полагать следующее. Последовательно делиться в каскадах модального фильтра будут только импульсы *короче определенной длительности*. Причем напряжение импульсов в каждом последующем каскаде будет, как минимум, в 2 раза меньше без учета потерь и ещё меньше с учетом потерь (причем с уд-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

воением длины потери будут удваиваться). Так, в первом каскаде поделится пополам импульс *короче разности задержек мод* первого каскада, а в последующих каскадах, если они вдвое длиннее предыдущего, каждый из двух импульсов будет делиться ещё пополам без наложения. ***Перекрестная помеха на конце пассивной линии*** – это: 1) два разнополярных импульса такой же амплитуды и такой же длительности, при длительности импульса в активной линии, *не превышающей* разность задержек мод линии передачи; 2) два разнополярных импульса, амплитуда которых зависит от временных параметров входного воздействия и не превышает половины амплитуды входного воздействия; с длительностью, равной сумме разности задержек мод и длительности соответствующих фронтов импульса в активной линии, при длительности импульса в активной линии, *превышающей* разность задержек мод линии передачи. ***Перекрестная помеха в начале пассивной линии*** – два разнополярных импульса (второй сначала состоит из двух, но с ростом длительности они сливаются в один) амплитудой, пропорциональной сумме емкостной и индуктивной связей, с длительностью, равной длительности импульса в активной линии, но не более двойной задержки в линии.

Для количественной оценки проведено многократное моделирование распространения импульсов в линиях модального фильтра в системе TALGAT 2008. В процессе моделирования построено порядка 150 моделей при различных значениях времени фронта t_r, спада t_f и плоской вершины t_d входного импульса. Все эти параметры менялись в пределах от 100 пс до 20 нс, при разности задержек мод $\Delta\tau = 2{,}5$ нс. На рис. 1 изображена типичная модель распространения импульса в модальном фильтре. Анализ результатов позволяет заключить нижеследующее.

На ближнем конце пассивной линии, с увеличением длительности импульса, мощность, рассеиваемая на резисторах в начале пассивной линии, составляет некоторый постоянный процент от мощности входного импульса.

Ситуация же на дальнем конце пассивной линии не столь проста и однозначна. Все возможные случаи можно свести к двум основным: длительность входного импульса не превышает (1) и превышает (2) разность задержек мод. В первом случае длительности и модули амплитуд импульсов в конце активной и пассивной линий равны, а следовательно, равна мощность, рассеиваемая на нагрузках в конце обеих линий (при псевдосогласовании). Во втором случае импульсы в конце активной и пассивной линий начинают накладываться во времени, вследствие чего в области пересечения наблюдаются эффекты «удвоения» амплитуды – в конце активной линии и «обнуления» амплитуды – в конце пассивной линии. Области «удвоения» и «обнуления»

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

полностью совпадают по длительности и по временной привязке, а их длительность равна ($t_d - \Delta\tau$). Длительность отрицательного импульса в конце пассивной линии равна ($t_r + \Delta\tau$), а положительного – ($t_f + \Delta\tau$). Характер зависимости соотношения мощностей, рассеиваемых на нагрузках в конце активной и пассивной линий: 1) при ($t_{in} < \Delta\tau$) $P_{act} = P_{pas} = P_{in}/2 = \text{const}$; 2) при ($t_{in} \geq \Delta\tau$) P_{pas} не зависит от t_d и уменьшается с увеличением t_r и t_f.

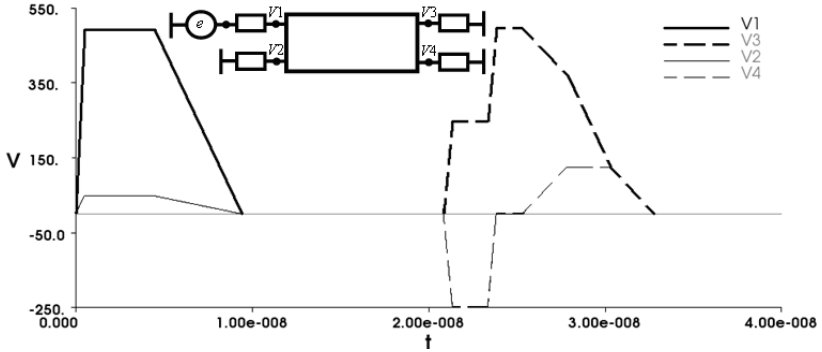


Рис. 1. Формы сигналов (В, с) в модальном фильтре.
$t_{in} = 9{,}5$ нс, $t_r = 0{,}5$ нс, $t_f = 5$ нс, $t_d = 4$ нс, $\Delta\tau = 2{,}5$ нс

Таким образом, максимум мощности рассеивается в конце пассивной линии в случае, если длительность входного импульса не превышает времени разности задержек мод, и равен половине мощности входного импульса. Также очевидно, что увеличение времени фронта и спада входного импульса ведёт к уменьшению мощности, рассеиваемой в пассивной линии, а следовательно, и к уменьшению соотношения P_{pas}/P_{act}. Увеличение длительности плоской вершины входного импульса также уменьшает это соотношение. Данные зависимости определяют пределы эффективной фильтрации модального фильтра с заданной $\Delta\tau$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Газизов Т.Р., Заболоцкий А.М.* Модальное разложение импульса в отрезках связанных линий как новый принцип защиты от коротких импульсов. Технологии ЭМС. 2006. №4. С. 40–44.

2. *Газизов Т.Р., Кузнецова-Таджибаева О.М., Заболоцкий А.М.* Интегрированная защита и возможность её реализации в помехозащищенных теплопроводных монтажных платах // Проблемы информационной безопасности государства, общества и личности: Матер. девятой Всерос. науч.-практ. конф. г. Томск, 15 февр. 2007 г. Томск, 2007. С. 23–26.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СЕПАРАБЕЛЬНАЯ БИЛАТЕРАЛЬНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ В ЗАДАЧАХ ПРЕДОБРАБОТКИ ВИДЕОДАННЫХ

А.С. Рудникович, м.н.с.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, andreyti@tu.tusur.ru

На практике часто встречаются изображения, искаженные шумом, появляющимся на этапах его формирования и передачи. Наиболее частой причиной возникновения шума на изображении является недостаточная освещенность снимаемой сцены, что особенно часто встречается в системах охранного телевидения. Фундаментальной проблемой в области обработки изображений является эффективное удаление шума при сохранении важных деталей изображения. Для задач предфильтрации видиоданных из-за необходимости обработки в реальном времени не менее важным является быстродействие алгоритма.

Известно множество алгоритмов, учитывающих локальную структуру изображений. Термин «билатеральный фильтр» был введен Томази и Мандучи в 1998 г. [1] в отношении фильтра, выполняющего усреднение в заданной окрестности обрабатываемого отсчета (рис. 1), при этом каждый отсчет заменяется взвешенным средним его соседних отсчетов. Усреднение выполняется по окрестности S центрального отсчета $s_0 = \{x_0, y_0\}$ с интенсивностью $I(s_0)$:

$$BF(s_0) = \sum_{s \in S} f(s, s_0) \cdot I(s) \Big/ \sum_{s \in S} f(s, s_0),$$

где $f(s, s_0) = g_S(s - s_0) \cdot g_t(I(s) - I(s_0))$ – функция билатерального фильтра и g_s и g_t – весовые коэффициенты, определяемые функцией Гаусса, для пространственного удаления и разницы интенсивностей отсчетов соответственно:

$$g_s(x, y, \sigma_S) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_S} e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma_s^2}}, \quad g_t(t, \sigma_t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_t} e^{-\frac{t^2}{2\sigma_t^2}},$$

x и y характеризуют расстояние до центрального элемента; t является разницей интенсивностей; σ – среднеквадратическое отклонение распределения Гаусса.

Несмотря на то, что билатеральная фильтрация позволяет получить хороший результат [2], её применение остается ограниченным из-за высокой вычислительной сложности алгоритма. Неоднократно предпринимались попытки увеличения скорости работы билатерального фильтра [3].

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В своей работе в 2005 г. [4] Tuan Q. Pham и Lucas J. Van Vliet для ускорения билатеральной фильтрации предложили использовать сепарабельную аппроксимацию. При сепарабельной реализации исходное изображение сначала фильтруется в горизонтальном направлении, затем обработанное в горизонтальном направлении изображение подвергается фильтрации в вертикальном направлении. Было показано, что сепарабельная аппроксимация билатерального фильтра незначительно уступает исходному билатеральному фильтру по эффективности подавления шума, позволяя добиться ускорения в 2,5 раза.

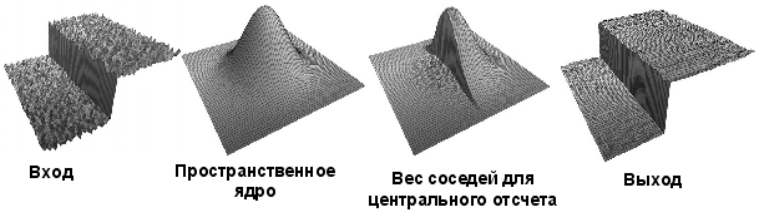


Рис. 1. Двумерная билатеральная фильтрация

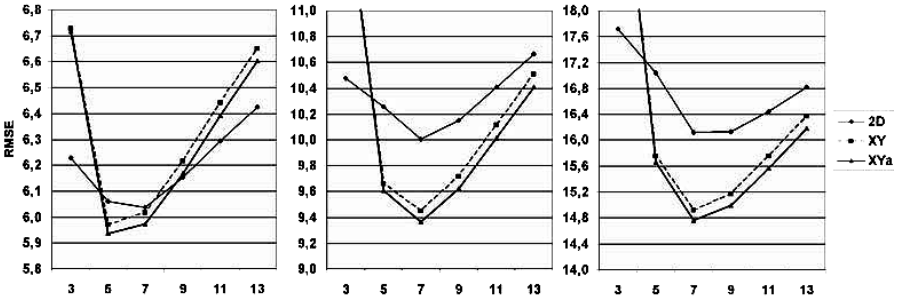
В настоящей работе предложен алгоритм пространственно адаптивной сепарабельной билатеральной фильтрации, учитывающей горизонтальную и вертикальную направленность. Для оценки локальной направленности в изображении использовалась разница соседних элементов с центральным, при этом за направление второго прохода принималось направление, в котором сумма разностей была наименьшей.

Результаты сравнения предложенного подхода с исходным билатеральным фильтром и с сепарабельным билатеральным фильтром, описанным в [4], приведены на рис. 2. Для тестирования использовались 5 последовательностей («Bus»; «News»; «Foreman»; «Paris»; «Station») с разрешением 352×288 и 1 последовательность («Schumacher») с разрешением 720×576.

Все последовательности подвергались зашумлению нормальным шумом с $\sigma_{\text{ш}}$: 10; 20; 40. Нормальный шум выбран как наиболее соответствующий шумам, возникающим в датчике в условиях недостаточной освещенности. Каждым фильтром выполнялась фильтрация 30 кадров всех последовательностей, зашумленных с разной интенсивностью шума. На рис. 2 приведены средние значения RMSE для всех последовательностей в зависимости от размеров апертуры фильтров. Во всех измерениях σ_s фильтра приравнивалась ¼ размера аппретуры фильтра, а $\sigma_t = 2\sigma_{\text{ш}}$. Обозначение 2D на рис. 2 соответствует исходному билатеральному фильтру, XY – сепарабельной аппроксимации

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

билатерального фильтра, XYa – предложенному методу пространственно адаптивной сепарабельной аппроксимации билатерального фильтра.



а *б* *в*

Рис. 2. Результат фильтрации: *а* – $\sigma_{ш}=10$; *б* – $\sigma_{ш}=20$; *в* – $\sigma_{ш}=40$

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что сепарабельные аппроксимации билатерального фильтра позволяют добиться не только увеличения быстродействия, но и лучшего отношения сигнал/шум для большинства видеопоследовательностей. На отдельных последовательностях пространственно адаптивный фильтр показывает существенное преимущество, но в среднем он не позволяет добиться существенного улучшения отношения сигнал/шум в сравнении с обычной сепарабельной фильтрацией.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Tomasi, C., and Manduchi, R.* 'Bilateral filtering for gray and color images. Proc. 1998 IEEE Int. Conf. Computer Vision. Bombay, India. P. 839–846.

2. *Апальков И.В., Хрящев В.В.* Удаление шума из изображений на основе нелинейных алгоритмов с использованием ранговой статистики // GraphiCon'2007. Тр. 17-й Междунар. конф. по компьютерной графике, машинному зрению, обработке изображений и видео. М., 2007. С. 20.1–20.4.

3. *Durand F. and Dorsey J.* Fast bilateral filtering for the display of high-dynamic-range images // ACM Trans. Graph. 2002. 21(3). P. 257–266,

4. *Tuan Q.* Pham and Lucas J. van Vliet. Separable Bilateral Filtering for Fast Video Preprocessing // IEEE International Conference on Multimedia & Expo (ICME'05). 2005.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ВЛИЯНИЕ СЕГМЕНТАЦИИ СТРУКТУРЫ НА РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

И.Е. Самотин, аспирант
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, iesam_84@mail.ru

В современном проектировании радиоэлектронных устройств широко используются системы компьютерного моделирования. Их применение на ранних стадиях разработки позволяет получить с довольно высокой точностью предварительные результаты и значительно уменьшить последующие затраты.

Одним из таких инструментов является система TALGAT, позволяющая проводить квазистатический анализ связанных линий. Она используется для разработки модальных фильтров, общий подход к созданию которых описан в работе [1]. Одним из этапов этой разработки является последовательное вычисление интересующих параметров структуры при учащении сегментации границ проводников и диэлектриков в её поперечном сечении. Редкая сегментация даёт быстрые, но неточные результаты, а более частая позволяет контролируемо уточнять их до приемлемого времени вычисления. Отсутствие резких изменений результатов указывает на их сходимость. Однако в ходе детального моделирования с учащением сегментации структуры неожиданно выявились факторы, неучёт которых мог привести к некорректным результатам.

Цель этой работы – показать возможность неординарного влияния сегментации полосковой структуры на результаты моделирования в системе TALGAT и выявить его причины.

Для выбранной структуры (рис. 1, *а*) получены значения коэффициентов матриц **L**, **C**, **Z** (табл. 1), погонные задержки мод (τ_1 и τ_2), модуль их разности и его относительное значение (табл. 2) при различной длине сегмента l. Параметры структуры: L = 14 мм, t = 35 мкм (толщина проводников), h = 0,5 мм, w = 3,37 мм, $w1$ = 0,64 мм, s = 0,49 мм, ε_r = 5. В зависимости от сегментации на торце проводников получалось разное число сегментов N (см. рис. 1, *б*).

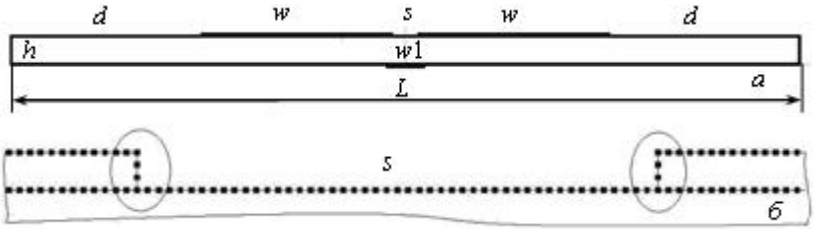


Рис. 1. Поперечное сечение структуры (*а*) и фрагмент центра (*б*)

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Таблица 1

Значения коэффициентов матриц *L*, *C* и *Z*

l, мкм	*N*	*L*, нГн/м	*C*, пФ/м	*Z*, Ом
200	1	500,392 274,192 274,192 500,392	68,2245 –23,1469 –23,1469 68,2245	99,1437 85,7546 85,7546 99,1437
100	1	492,882 267,855 267,855 492,882	71,0591 –23,9067 –23,9067 71,0591	96,1851 82,9579 82,9579 96,1851
50	1	488,645 264,107 264,107 488,645	73,4375 –24,6188 –24,6188 73,4375	94,0989 81,023 81,023 94,0989
25	1	487,182 262,925 262,925 487,182	71,229 –29,0754 –29,0754 71,229	100,076 88,2011 88,2011 100,076
12,5	2	486,856 262,879 262,879 486,856	91,2258 –9,75984 –9,75984 91,2258	75,5677 59,098 59,098 75,5677
11,6	3	487,379 263,459 263,459 487,379	75,1418 –25,5235 –25,5235 75,1418	93,1577 80,3364 80,3364 93,1577
8,7	4	487,487 263,616 263,616 487,487	75,206 –25,5878 –25,5878 75,206	93,1631 80,3634 80,3634 93,1631
6,25	5	487,154 263,317 263,317 487,154	74,9134 –26,0741 –26,0741 74,9134	93,762 81,0853 81,0853 93,762
3,125	11	487,195 263,405 263,405 487,195	75,3877 –25,673 –25,673 75,3877	93,0391 80,2612 80,2612 93,0391
1,9	18	487,167 263,390 263,390 487,167	75,4163 –25,71 –25,71 75,4163	93,0395 80,2714 80,2714 93,0395

Таблица 2

Погонные задержки, модуль их разности и относительный модуль

l, мкм	*N*	τ_1, нс/м	τ_2, нс/м	$\lvert\tau_1 - \tau_2\rvert$, нс/м	$\lvert\tau_1 - \tau_2\rvert/(\tau_1 + \tau_2)*100$, %
200	1	5,90901	4,54624	1,36277	13,0344
100	1	5,98921	4,62276	1,36645	12,8765
50	1	6,06204	4,69227	1,36978	12,737
25	1	5,62314	4,74278	0,880364	8,49287
12,5	2	7,81524	4,75589	3,05935	24,3363
11,6	3	6,1037	4,74774	1,35597	12,4957
8,7	4	6,10478	4,75024	1,35455	12,4785
6,25	5	6,05412	4,75445	1,29968	12,0245
3,125	11	6,10867	4,75567	1,35301	12,4536
1,9	18	6,10798	4,75707	1,35091	12,4335

По данным табл. 2 построены зависимости (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что процесс плавной сходимости исследуемых параметров структуры при удвоении сегментации может резко возмущаться: погрешность для $|\tau_1 - \tau_2|$ доходит до 127%, а для относительного значения – до 96%. Это возмущение может быть в определённом диапазоне длины сегмента. Важно отметить, что даже при более гру-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

бой сегментации результаты могут быть почти такими же, как и при частой сегментации. Причиной резкого возмущения разности задержек, как видно из рис. 2, является возмущение τ_1 до 28%, т.к. τ_2 практически неизменно во всём диапазоне. В свою очередь, возмущение τ_1 объяснимо резким возмущением элементов матрицы **C** (см. выделенную ячейку табл. 1: внедиагональный коэффициент уменьшился в 3 раза, а отношение внедиагонального к диагональному – в 5 раз, тогда как матрица **L** практически неизменна).

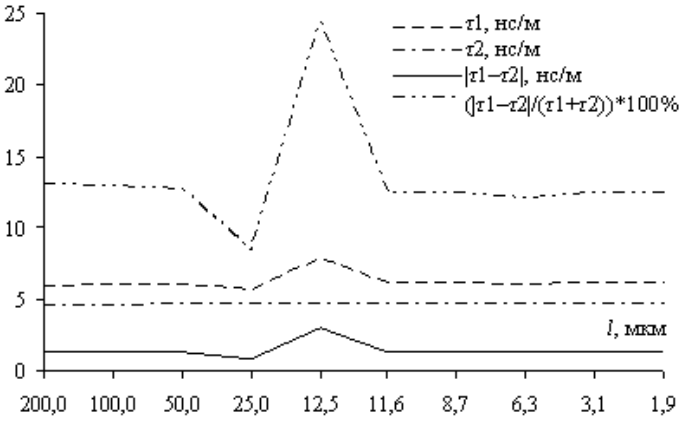


Рис. 2. Зависимость полученных результатов от длины сегмента

Можно предположить, что при аппроксимации заряда на сегменте равномерным распределением (а именно такое используется в алгоритме моделирования), два сегмента на торце проводника вносят резкое нефизическое возмущение в распределение заряда на соседних сегментах. Важным практическим следствием из этого является критерий выбора длины сегмента такой, чтобы на торце было не менее трёх сегментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Самотин И.Е.* Подходы к созданию модального фильтра для защиты от сверхкороткого импульса // Электронные и электромеханические системы и устройства: Тез. докл. науч. техн. конф. молодых специалистов. ОАО НПЦ «Полюс». Томск, 2010.

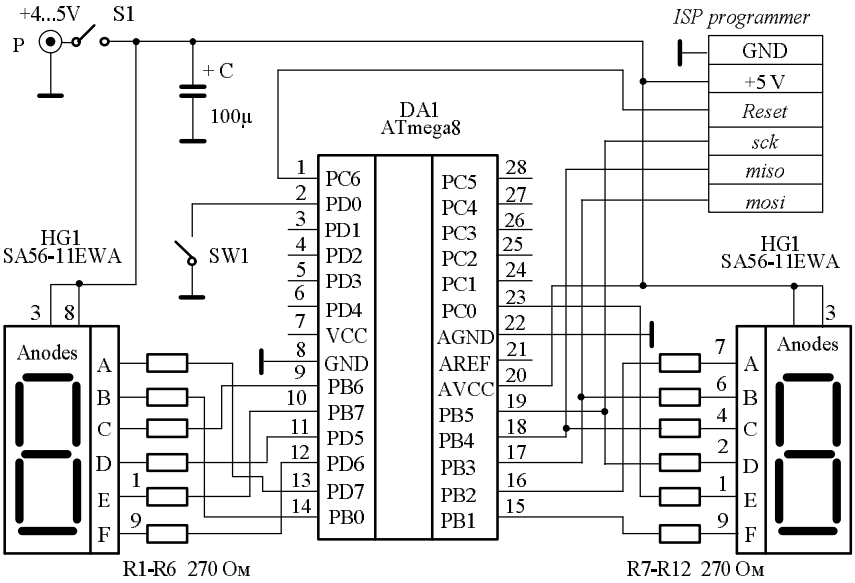
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЛАБОРАТОРНЫЙ МАКЕТ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МК ATMEGA

Н.А. Семененко, студент 6-го курса; В.А.Потехин, доцент
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, pva@tu.tusur.ru

Целью данной работы явилось создание простого лабораторного макета для программирования МК ATmega на языке C++. В состав лабораторного макета входят: программируемый МК-источник ATmega, два семисегментных индикатора, разъемы кнопки управления и источник питания. Схема разрабатывалась, исходя из соображений максимальной простоты, дешевизны, возможностей изготовления печатной платы в «домашних условиях» и наглядности получаемой информации.

Принципиальная схема разработанного устройства представлена на рисунке. Её основой является программируемый МК ATmega8 и два большеразмерных семисегментных индикатора с общим анодом HG1, HG2 типа SA56-11EWA. Индикаторы подсоединены к выводам портов B, D (*P*7–*P*0) через токоограничительные резисторы R1–R12. Кроме того, схема содержит кнопку SW1 для переключения режима работы, разъем для внутрисистемного программирования (ISP programmer), выключатель питания S1.



Принципиальная схема устройства

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Для испытания макета была написана программа управления сегментами двух индикаторов. Суть программы заключалась в следующем. При включении питания загораются поочередно по направлению движения часовой стрелки сегменты *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F* первого индикатора. Частота смены состояний программно установлена примерно 0,5 с. При нажатии кнопки SW1 поочередно загораются сегменты второго индикатора, но их движение в обратную сторону (*F*, *E*, *D*, *B*, *A*, *C* – против часовой стрелки).

Была разработана, изготовлена печатная плата и собран макет. В данном варианте для написания программы был использован язык С и среда разработки Code Vision AVR. Микроконтроллер был прошит, испытания показали отличные результаты. Листинг программы имеется.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Страуструп Бьерн.* Язык программирования С++. Специальное издание. М.: Изд-во Бином, 2006.

ИМПУЛЬСНЫЙ ИНФРАКРАСНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ПРОЖЕКТОР

Е.А. Шеломенцева, студентка; В.Ф. Коновалов, доцент
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, sheila707@mail.ru

В настоящее время активно используются активно-импульсные телевизионные системы, которые применяются для наблюдения в сложных условиях – ночное время, снег, дождь, туман (например, приборы ночного видения, оптические локаторы). Большое преимущество этих систем заключается в том, что их использование позволяет не только увеличить дальность видимости в активном режиме работы, но и повысить помехоустойчивость и эффективность работы комплекса в целом в условиях эксплуатации, а также измерять расстояние до объекта.

Для эффективной работы активно-импульсных телевизионных систем, особенно в сложных условиях наблюдения, применяют импульсные осветители.

Наиболее целесообразно выполнить импульсный осветитель на основе импульсных лазеров [1]. Создание портативной аппаратуры может быть реализовано оптимальным образом за счет использования импульсных лазерных полупроводниковых излучателей (ИЛПИ).

При разработке лазерного прожектора для АИ ТВС была выбрана лазерная решётка Л-13 [2], отличающаяся тем, что она имеет встроенный оптический интегратор, позволяющий получить хорошую равномерность поля свечения и уменьшить габариты источника подсвета.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Технические характеристики лазерной решетки Л-13: средняя мощность импульса излучения не менее 320 Вт; амплитуда импульса тока накачки не более 45 А; длительность импульса тока накачки 120 нс; частота повторения импульсов не более 5200 Гц; длительность фронта импульса не более 25 нс; длительность среза импульса не более 35 нс.

На рис. 1 приведена структурная схема лазерного прожектора, на которой изображены все блоки системы.

Для реализации схемы накачки инфракрасного прожектора в качестве элемента управления импульсной лазерной диодной решёткой использован мощный полевой транзистор IRF640N.

Для управления мощным ключевым транзистором применяют схему управления, так называемый «драйвер» (одиночный 9-амперный быстродействующий драйвер полевого МОП транзистора типа UCC37322). Для питания выходного каскада применен преобразователь напряжения. В схемном отношении он представляет собой двухтактную схему с нулевым выводом, содержащую два полевых транзистора типа IRF540N и трансформатор, первичная обмотка которого имеет отвод от середины, на который подается питающее напряжение.

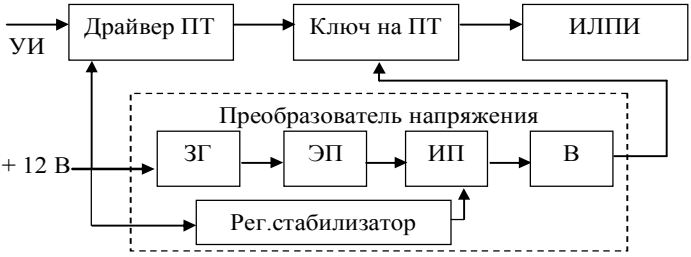


Рис. 1. Структурная схема лазерного прожектора:
УИ – управляющие импульсы; ЗГ – задающий генератор; ЭП – эмиттерные повторители; ИП – импульсный преобразователь; В – выпрямитель

Выходное напряжение снимается с мостового выпрямителя, подключенного к вторичной обмотке трансформатора. Узел управления преобразователя состоит из задающего генератора на микросхеме интегрального ШИМ-контроллера TL494 и двух двухтактных эмиттерных повторителей на транзисторах.

Были проведены экспериментальные исследования характеристик лазерного прожектора: длительности фронтов светового импульса, средней мощности светового импульса, равномерности освещенности по полю подсвета, углов подсвета по горизонтали и вертикали.

С помощью измерителя средней мощности излучения LASERMATE A/D была измерена средняя мощность импульса лазер-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ного излучения в конусе с углом при вершине 40 град, находящейся в центре тела свечения без проекционного объектива и с установленным на источник излучения объективом. Получены следующие характеристики: средняя мощность лазерного излучения на выходе интегратора лазерной решетки составляет 280 мВт при импульсе тока накачки 25 А, длительности импульса 120 нс и частоте повторения импульсов 5 кГц; средняя мощность лазерного излучения на выходе проекционного объектива – 205 мВт.

Источник подсвета и приемник излучения были установлены на платформу оптической скамьи и сцентрированы. Форма светового импульса на выходе фотоприёмника типа ФПЛ–70А приведена на рис. 2. Длительности фронтов светового импульса не превышают 20 нс.

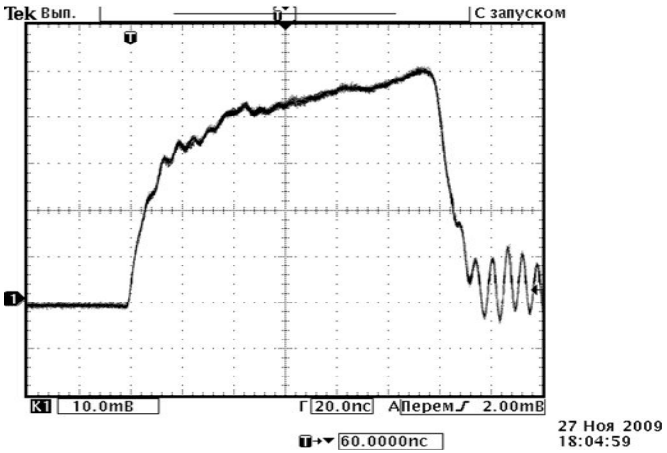


Рис. 2. Форма светового импульса на выходе фотоприёмника

Были проведены также измерения равномерности освещенности по полю подсвета (рис. 3).

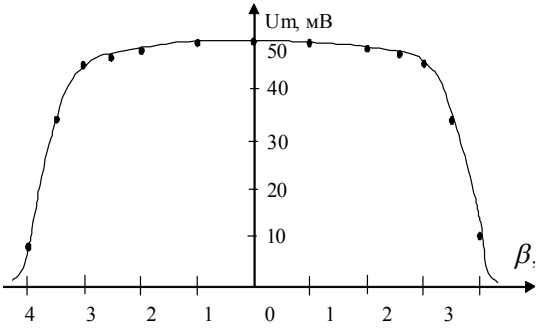


Рис. 3. График равномерности освещенности поля подсвета по горизонтали в зависимости от угла

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Из рис. 3 видно, что неравномерность освещенности по горизонтали в полном угле подсвета 6 град не превышает 5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гейхман И.Л., Волков В.Г.* Основы улучшения видимости в сложных условиях. М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 1999.

2. *Полупроводниковые* лазеры импульсного режима работы. http://www.inject-laser.ru/products/semiconducters_lasers/subpage1.ivp.

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ДАТЧИКОВ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ КОНТРОЛЯ И НАБЛЮДЕНИЯ*

О.В. Сионина, Н.И. Богатырева, О.Б. Жамбалова, студентки

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, sionina-9@mail.ru

Телевизионные датчики (ТВД) – устройства формирования оптического изображения анализируемого или наблюдаемого объекта и преобразования оптического сигнала в электрический видеосигнал, пригодный для дальнейшей передачи и получения видеоданных [1].

В статье рассматриваются возможные методы улучшения характеристик ТВД, в которых в качестве преобразователей свет–сигнал используются приборы с зарядовой связью (ПЗС) и видиконы. Для повышения чувствительности ТВД довольно часто используются электронно-оптические преобразователи (ЭОП).

Методы улучшения характеристик ТВД на основе ПЗС-матриц

Методы улучшения чувствительности

- Применение высокочувствительных ЭОП, ПЗС-матриц и светосильных объективов.
- Введение адаптивных режимов накопления и считывания заряда светочувствительных элементов ПЗС-матриц.
- Накопление сигнала до воздействия шума [2].

Методы расширения диапазона рабочих освещенностей

Применяются системы автоматического регулирования или адаптации ТВД к освещенности. Наиболее распространенными являются два способа адаптации:

- Перед преобразователем свет–сигнал устанавливаются последовательно включенные регулируемый ослабитель и усилитель потока излучения.

* Выполнено в рамках проекта ГПО ТУ-0903 – Исследование искажений телевизионных датчиков и методов их коррекции.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

• Сам процесс преобразования управляется и за счет изменения его параметров выполняется регулировка чувствительности и диапазона рабочих освещенностей ТВД.

Методы повышения разрешающей способности и линейности преобразования:

• Апертурная коррекция.

С помощью методов линейной фильтрации компенсируется спад частотной характеристики в полосе частот полезных сигналов.

• Гамма-коррекция.

Используется для обеспечения линейной зависимости сигнала от освещенности за счет нелинейности коэффициента усиления видеотракта [3].

Методы улучшения характеристик ТВД на видиконе

Основным достоинством видикона является возможность работы ТВД в условиях повышенной радиации.

Для работ в условиях повышенной радиации применяются видиконы (дефлектроны) типа ЛИ501, обладающие радиационной стойкостью более 1 млнрад и достаточно высоким разрешением до 500 телевизионных линий [4].

Улучшение характеристик ТВД осуществляется следующими методами:

• Камерный видеоусилитель выполняется на радиационностойких полевых транзисторах.

• Для повышения чувствительности ТВД и отношения сигнал/шум в видеотракте используются методы противошумовой коррекции и обработки сигналов с учетом собственных шумов передающий трубки [4, 5].

• Для повышения помехоустойчивости ТВД в сложных условиях контроля используются активно-импульсные источники подсвета, обеспечивающие излучение в спектре максимальной чувствительности преобразователя свет–сигнал [4].

• Для улучшения характеристик и адаптации ТВД к сложным условиям окружающей среды используется специальное аппаратно-программное обеспечение, включающее в себя различные алгоритмы обработки сигналов, изображений и видеоданных.

Методы улучшения характеристик ТВД с ЭОП

Основными требованиями, предъявляемыми к ЭОП, являются высокие коэффициент усиления и эффективность преобразования потока излучения в изображение объекта на экране [6].

Усиление яркости обеспечивается за счет:

• Оптического контакта экрана ЭОП с фотокатодом последующего ЭОП (многокамерный ЭОП). Можно получить увеличение яркости, близкое к произведению их коэффициентов усиления.

• Применения микроканальных пластин (МКП) [7].

Увеличение эффективности преобразования достигается в результате:

• Повышения интегральной чувствительности ЭОП (использования многощелочных и арсенид-галлиевых фотокатодов) [6].

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

- Согласования ЭОП с ПЗС-матрицей с учетом их спектральных характеристик [6].

Кроме того, для повышения чувствительности ЭОП предпринимаются технологические меры, такие как нанесение веществ с повышенным коэффициентом вторичной эмиссии МКП, входящей в состав ЭОП II и выше поколений, и выбор оптимальных напряжений питания фотокатода, МКП и экрана ЭОП [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пустынский И.Н., Кирпиченко Ю.Р.* К оценке чувствительности и разрешающей способности телевизионных датчиков // Известия вузов. Приборостроение. 2005. Т. 48. № 11. С. 5–9.

2. *Системы* телевизионного наблюдения. CCD камеры для наблюдений в сложных условиях [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.vashdom.ru/articles/st_telview.htm, свободный.

3. *Джакония В.Е., Гоголь А.А., Друзин Я.В. и др.* Телевидение: Учеб. для вузов / Под ред. В.Е. Джаконии. М.: Радио и связь, 2004. 616 с.

4. *Пустынский И.Н., Коновалов В.Ф., Курячий М.И., Гальчук И.В.* Телевизионно-вычислительная система контроля с радиационно-стойкой видеокамерой // Доклады ТУСУРа. 2008. № 2 (18). С. 44–47.

5. *Пустынский И.Н.* Транзисторные видеоусилители. М.: Сов. радио, 1973. С. 136, 149.

6. *Пустынский И.Н., Дегтярёв П.А., Кирпиченко Ю.Р., Коновалов В.Ф.* Отчет о научно-исследовательской работе «Исследование и разработка научных основ построения и создания информационных телевизионно-вычислительных систем контроля и наблюдения». Томск, 2009. 107 с.

7. *Куклев С.В., Соколов Д.С., Зайдель И.Н.* Электронно-оптический преобразователь. М., 2004. 187 с.

КВАЗИСТАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАБЕЛЬНОГО ЖГУТА В СИСТЕМЕ TALGAT*

М.К. Смирнова, студентка; А.М. Заболоцкий, н.с.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, MKSmirnova@mail.ru

Компьютерное моделирование электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) позволяет значительно снизить затраты на её создание. Для бортовой РЭА, в частности для кабельного жгута, это особенно актуально из-за жестких требований к ЭМС и целостности сигнала. Удобным инструментом для этого является, например, система TALGAT [1]. В качестве исследуемого объек-

* Выполнено в рамках проекта ГПО ТУ-0717 – Система компьютерного моделирования произвольных структур проводников и диэлектриков.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

та использован кабельный жгут разработки ОАО «ИСС» с отрезками из 7 и 19 проводов.

Цель данной работы – создание программы, позволяющей моделировать одиночный отрезок реального кабельного жгута бортовой РЭА и вычислять временной отклик на импульсные воздействия между заданными проводниками в системе TALGAT с резистивными нагрузками.

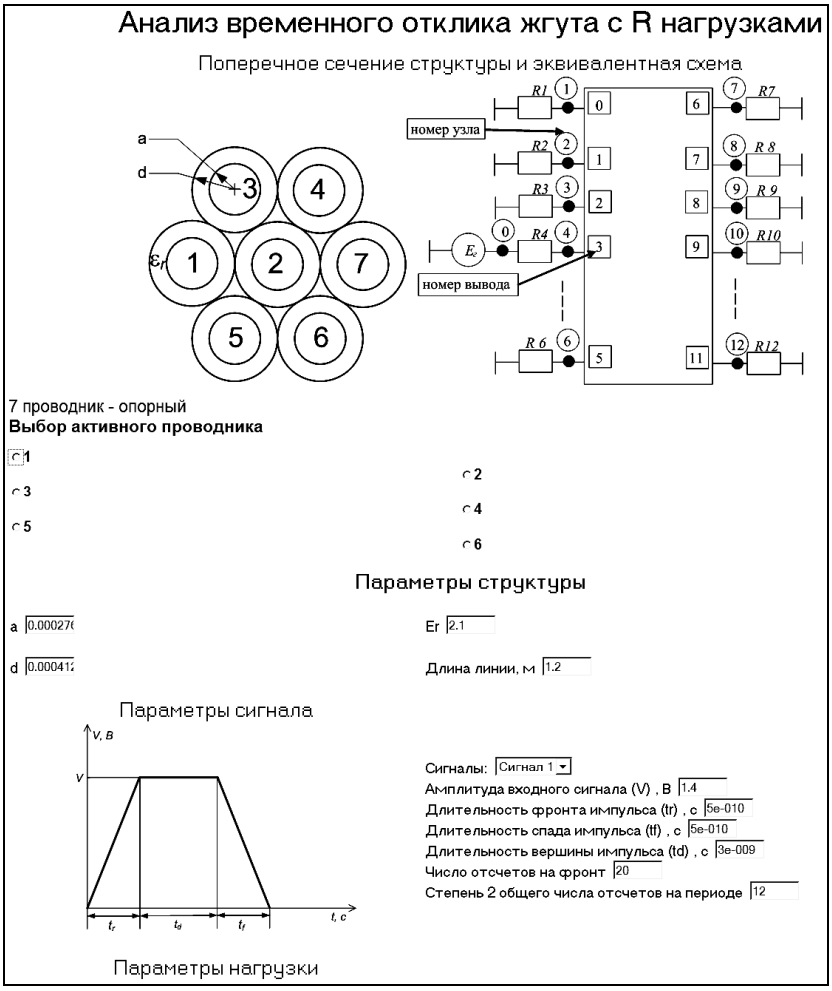


Рис. 1. Окно DHTML диалога

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В первую очередь, для достижения указанной цели необходимо реализовать удобное задание параметров, что и было осуществлено с использованием DHTML-диалогов. Работа программы осуществляется в 2 шага: на шаге 1 пользователь задает в полях ввода параметры, а на шаге 2 – получает конфигурацию, вычисленные матрицы, а также график отклика.

Окно DHTML-диалога, в котором схематично изображена структура жгута из 7 проводов и задаются все параметры, показано на рис. 1. Рядом с поперечной структурой жгута изображена эквивалентная схема. Ещё одной особенностью файла является то, что пользователь может выбирать активный проводник. Всем параметрам по умолчанию присвоены значения, соответствующие реальному жгуту, но пользователь может изменить любое значение в полях ввода.

Задав нужные параметры и запустив шаг 2, пользователь увидит 2 окна, в одном из которых построена конфигурация (рис. 2), а в другом – временной отклик. Также выводятся вычисленные матрицы погонных коэффициентов электростатической индукции [C], электромагнитной индукции [L], характеристического импеданса [Z], модальных напряжений [Q] и погонных задержек. Отметим, что построенная в первом окне структура соответствует параметрам кабеля, заданным в окне DHTML-диалога на шаге 1. На рис. 3 показаны формы сигналов, полученные в программе TALGAT. Номер узла, в котором необходимо исследовать сигнал, выбирается в скрипте шага 2. (например, $V0$ – форма сигнала ЭДС генератора, а $V2$ и $V8$ – формы сигналов в начале и конце активной и пассивной линий).

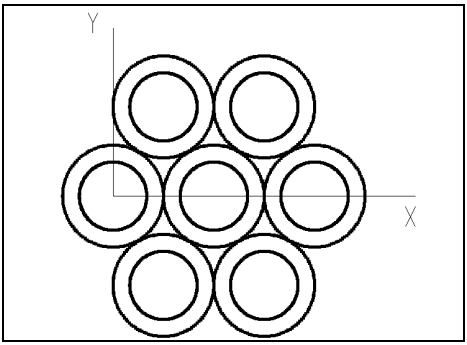


Рис. 2

Аналогичным образом создана программа, позволяющая моделировать отрезок жгута из 19 проводов.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

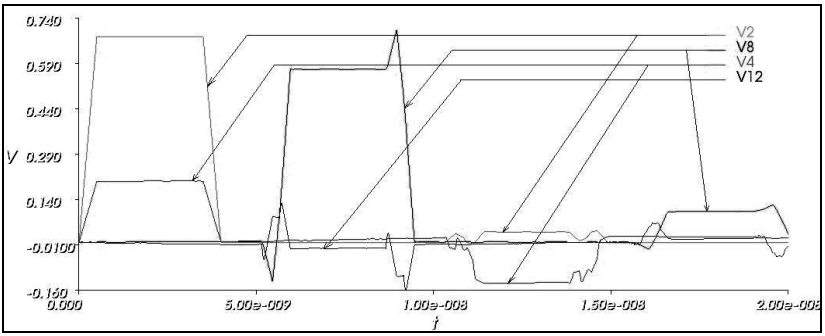


Рис. 3. Формы сигналов, полученные в программе TALGAT

Таким образом, в данной работе представлены результаты разработки программ, позволяющих пользователю легко задавать параметры, вычислять матрицы одиночного отрезка гибкого кабельного жгута бортовой РЭА и вычислять временной отклик различных конфигураций с заданными нагрузками на импульсные воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Свидетельство* о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009614871. TALGAT 2008. Авторы: Газизов Т.Р., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Т., Куксенко С.П., Заболоцкий А.М. Заявка №2009613644. Дата поступления 9 июля 2009 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 8.09.2009.

ОХРАННАЯ ПАНЕЛЬ*

М.И. Васильева, Е.Г. Степанова, студентки
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, lat@tu.tusur.ru

Индустрия безопасности – недешевое, но необходимое дополнение к другим сферам бизнеса. Она все более отчетливо позиционирует себя как самостоятельный рынок. Обеспечение безопасности актуально как для отдельных предприятий, квартир и домов, так и целых отраслей и городов. Понятие безопасности не менее многогранное явление, включающее в себя многое: от предотвращения промышленного шпионажа до надежности систем противопожарной безопасности и систем контроля доступа.

* Выполнено в рамках проекта ГПО ТУ-0705 – Разработка охранной системы.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Охранная сигнализация является одной из важнейших составляющих комплекса мер по охране жизни и имущества. Ее первостепенной задачей по праву считается обеспечение следующих важных функций:

1) контроль за всей площадью подотчетных помещений;

2) передача сигналов тревоги о возникновении нештатных ситуаций на приемно-контрольный прибор для персонала в случае проникновения посторонних людей на объект.

Охранная сигнализация (ОС) – это комплекс технических средств, предназначенный для обнаружения попыток проникновения на объект и подачи сигнала тревоги на пульт охраны и оповещатели. Обычно состоит из приемно-контрольного прибора (ПКП), соединенного шлейфами с извещателями (датчиками) различного типа, установленными по охраняемому объекту, и оповещателями. ПКП осуществляет контроль сопротивления шлейфов и при его значительном изменении выдает сигнал тревоги [1].

Охранный извещатель (охранный датчик) – это электрическое или электромеханическое устройство, предназначенное для контроля состояния определенных предметов, их положения или пространства на охраняемом объекте и подачи сигнала тревоги путем размыкания контактов встроенного реле. Извещатели бывают различных типов. Выбор конкретного типа извещателя производится исходя из конкретных целей, условий эксплуатации, требований к защищенности охраняемого объекта и указаний нормативной документации [1].

Проведя анализ охранных систем, которые в данное время распространены на рынке услуг обеспечения безопасности, создали список оптимальных характеристик, которые необходимы для работы универсальной охранной панели, для её изучения и последующего усовершенствования:

− контроль не менее 1 шлейфа;

− постановка на охрану и снятие с охраны различными методами (постановка с карточки, электронного ключа, кода, с персонального компьютера, кнопки управления и т.д.);

− контроль различных датчиков;

− наличие аварийного питания (резервного);

− оповещатели состояния системы: световой и звуковой;

− при тревоге – сигнал должен поступать на пульт охраны, включается оповещение по различным каналам связи (делается дозвон до хозяина с заранее запрограммированным голосовым сообщением, отправляется sms-сообщение и т.д.);

− при нарушении целостности охранной системы хозяином данного объекта режим тревоги снимается при помощи различных методов

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

(карточки со встроенным кодом, введение определённого набора цифр (кода), звонок на пульт охраны и т.д., возможно сочетание всех этих компонентов одновременно, по желанию клиента);

Для того чтобы наглядно провести моделирование процессов охранной панели, используется одна из самых распространённых программ – Proteus. Схема для моделирования приведена на рисунке.

Proteus Professional – пакет программ для автоматизированного проектирования электронных схем. Пакет представляет собой систему схемотехнического моделирования, базирующуюся на основе моделей электронных компонентов, принятых в PSpice. Отличительной чертой пакета Proteus Professional является возможность моделирования работы программируемых устройств: микроконтроллеров, микропроцессоров, DSP и пр.

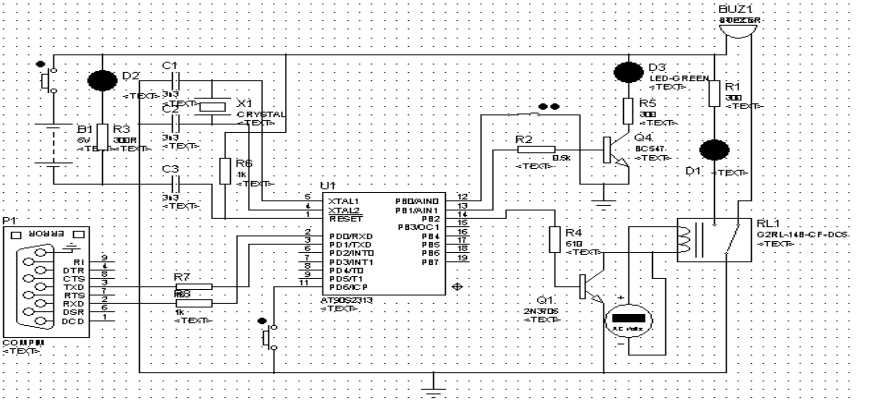


Схема симуляции в Proteus охранной панели

Основой схемы является микроконтроллер семейства AVR AT90S2313, программируя который, возможно моделировать различные режимы работы охранной панели. Питание схемы осуществляется через B1 +5В, тактовую частоты задаем через кварцевый резонатор X1 4 МГц [2]. Кроме того, используются светодиоды для индикации работы схемы и при нарушении целостности охранного шлейфа, звуковые оповещатели, предназначенные для подачи тревоги на охраняемом объекте с целью психологического воздействия на нарушителя. К ножкам U1 подключен COM-порт с уровнями сигнала ТТЛ, через который возможно подключить GSM-устройство или компьютер, согласовав уровни сигнала, для управления охранной панелью и вывода информации. Схема также содержит несколько пассивных элементов – резисторов, конденсаторов и транзисторов. Постановка и снятие с ох-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

раны осуществляется при помощи кнопки BUTTON, подключенной к порту PDO.

При помощи схемы, изображенной на рисунке, можно изучить принцип работы охранной панели по минимальному набору характеристик. В дальнейшем это поможет усовершенствовать схему и набор её функций, а также выявить неявные недостатки и опробовать её работу. Также в среде Proteus возможно выполнить трассировку печатной платы и смоделировать внешний вид всего устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Магауенов Р.Г.* Охранная сигнализация и другие элементы систем физической защиты: Краткий толковый словарь. М.: ГЛ – Т, 2006. 98 с.

2. *Голубцов М.С.* Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. М.: СОЛОН – Пресс, 2003. 288 с.

ВЛИЯНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМ ВИДЕНИЯ В СЛОЖНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ

А.В. Волков, аспирант; В.А. Шалимов, проф. У

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, tony_86@bk.ru

При проектировании телевизионных систем, работающих в сложных погодных условиях, приходится учитывать массу факторов, в частности туман, снег, дождь и т.д.

Причиной ухудшения видимости в туманной атмосфере являются поглощение и рассеивание естественного или искусственного освещения частицами воды. Степень поглощения и рассеивания зависит от микрофизической структуры частиц воды, которые также называют аэрозолями (туманами).

Существуют различные виды классификации тумана. Часто используется классификация Международной организации гражданской авиации (ICAO). Согласно этой системе туман разделяется на 4 категории.

Категория I: дальность видимости 1220 м; категория II: дальность видимости 610 м; категория IIIa: дальность видимости 305 м; категория IIIc: дальность видимости 92 м.

Спектральное распространение в атмосфере для различных диапазонов в атмосферном распределении тумана КАТ 1 для лета в средних широтах и при наличии аэрозолей представлена на рис. 1. Из рисунка видно, что в видимом спектральном диапазоне волн (0,4–0,75 мк) коэффициент пропускания значительно ниже, чем в обоих тепловых инфракрасных окнах (между 3–5 и 8–12 мк) [1].

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

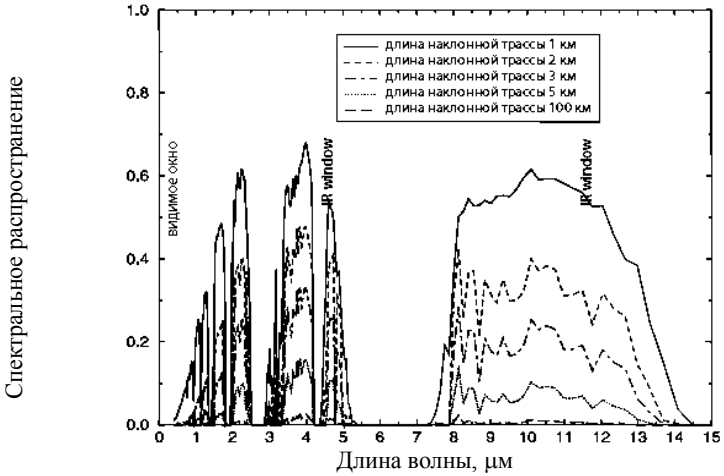


Рис. 1. Спектральное распространение в атмосфере для различных диапазонов в атмосферном распределении тумана КАТ 1

Если использовать в качестве преобразователя свет–сигнал устройства с полупроводниковыми материалами Ge и Si в качестве мишени, то из-за влияния аэрозолей чувствительность устройства в диапазоне до 1,5 мкм оказывается чрезвычайно низкой (рис. 2).

Поэтому для реализации устройств видения в сложных погодных условиях используются инфракрасные диапазоны 3,0–5 мкм (MWIR) и 8–12 мкм (LWIR). Это автоматически приводит к тому, что устройство будет иметь минимальную чувствительность к дневному свету, фарам автомобилей, уличным фонарям и т.д.

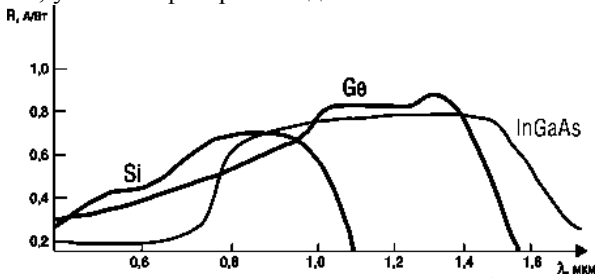


Рис. 2. Спектральная чувствительность Si, Ge

В камерах, работающих в инфракрасном диапазоне, используются в качестве первичных преобразователей электронные оптические преобразователи (ЭОП), а не стандартные полупроводниковые преобразо-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ватели свет–сигнал (ПЗС) – матрицы [2]. Например, для ЭОПа ЭПМ111-00-Б спектральная чувствительность на длине волны 0,85 мкм составляет не менее 35 мА/Вт, при интегральной чувствительность фотокатода – не менее 1,3 мкА/Вт.

Тепловизионные камеры, оснащенные неохлаждаемыми датчиками, работают в диапазоне длинных инфракрасных волн (LWIR) с длиной волны от 7 до 14 мк, в котором наземные температурные цели излучают большую часть своей инфракрасной энергии и существуют условия для применения неохлаждаемого обнаружения.

Тепловизионные камеры, оснащенные охлаждаемыми датчиками (где датчики охлаждаются до криогенных температур), являются наиболее чувствительными к небольшим температурным изменениям объекта съемки и обычно работают с изображениями в среднем инфракрасном диапазоне (MWIR) или в длинноволновом диапазоне (LWIR) [3].

Для активных телевизионных систем видения в сложных условиях выбор длины волны излучателя зависит от многих факторов, таких как спектральное распределение тумана, спектральная характеристика ЭОПа и т.д. Поэтому прежде чем разрабатывать телевизионную систему видения в сложных условиях необходимо провести тщательный анализ и согласование всех составляющих.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Edward F. Zalewski and C.* Richard Duda. Silicon photodiode device with 100 % external quantum efficiency. // Applied Optics. 1983. Vol. 22. № 18. 15 Sept. P. 2867–2873.

2. *Березин В.В., Умбиталиев А.А.* Твердотельная революция в телевидении: Телевизионные системы на основе приборов с зарядовой связью, систем на кристалле и видеосистем на кристалле. М.: Радио и связь, 2006. 312 с.

3. *Palmer J.M.* Alternative Configurations for Trap Detectors // Metrologia 1993. P. 327–333.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СЕКЦИЯ 4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИОМЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ

*Председатель – **Еханин С.Г.**, д.ф.-м.н., профессор КУДР*

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

П.В. Бомбизов, А.Г. Егоров, А.Л. Шипицын, студенты 4-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. КУДР, wind1671@sibmail.com

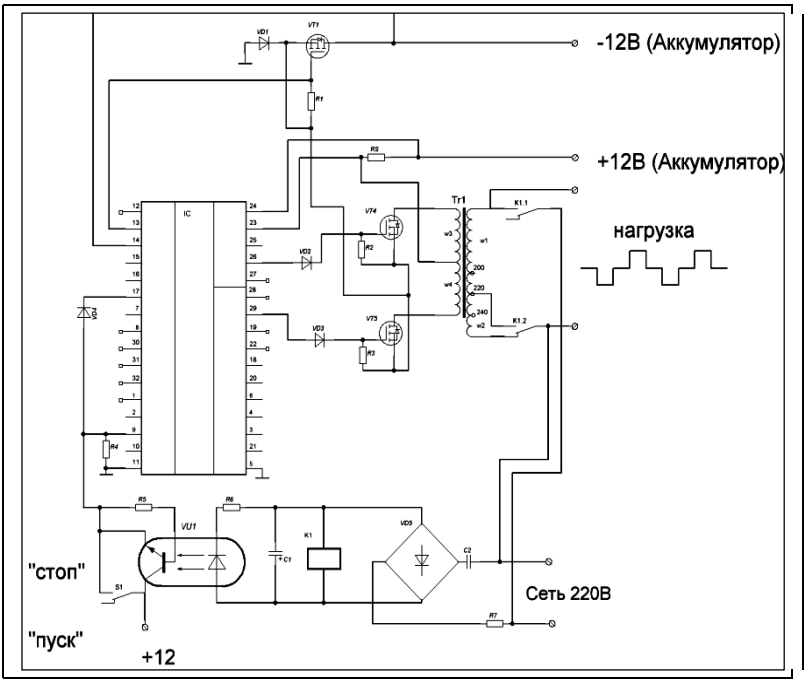
В последние годы все большее значение приобретает гелиоэнергетика. В составе гелиоэнергетических установок обычно присутствуют солнечная батарея, аккумулятор, контроллеры заряда – разряда аккумулятора, инвертор (см., например, [1]). Цель настоящего проекта – разработка преобразователя напряжения, включающего в себя функции контроллера заряда – разряда аккумуляторной батареи и инвертора.

В разработанном преобразователе напряжения использован микроконтроллер серии AVR фирмы Atmel [2]. Эти микроконтроллеры примечательны своей универсальностью, высоким быстродействием и низким энергопотреблением. Они позволяют упростить схему, «разгружая» ее от лишних цепей, благодаря тому, что эти цепи уже входят в состав микроконтроллера.

Альтернативная возможность связана с использованием специализированных микроконтроллеров. Однако использование в преобразователе микроконтроллеров серии AVR, ввиду их универсальности, делает устройство более гибким, позволяет со временем наращивать его функциональные возможности.

Схема электрическая принципиальная преобразователя напряжения приведена на рисунке. При появлении в сети напряжения 220 В открывается транзистор оптопары VU1. Одновременно срабатывает реле К1, подключая к сети 220 В нагрузку и выходную высоковольтную обмотку силового трансформатора преобразователя, который выступает как понижающий трансформатор зарядного устройства. Если же сеть 220 В «пропадает», транзистор оптопары VU1 размыкает цепь, открывается ключ VT1, и питание подается от аккумулятора к инверторам, которые преобразуют напряжение 12 В в 220 В.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



Принципиальная схема преобразователя напряжения

Ключ VT1 будет открываться только при правильном подключении аккумулятора к устройству как в режиме заряда, так и в режиме преобразователя, с целью защиты аккумулятора от глубокого разряда. Обратные диоды закрытых ключей VT4 и VT5 работают как выпрямительные для зарядного устройства.

Такие функции, как слежение за разрядом и зарядом аккумулятора, задающего генератора, и защиту от КЗ в нагрузке, выполняет микроконтроллер [3].

В дальнейшем наш AC/DC – DC/AC преобразователь напряжения будет использоваться в программируемом источнике питания, а также его могут использовать автолюбители для подзарядки аккумуляторов или питания сетевых устройств от аккумуляторной батареи, дачники и т. д.

Работа выполнена в рамках группового проектного обучения (проектная группа КУДР-0809).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бомбизов П.В., Васильев С.Х., Егоров А.Г., Шипицын А.Л.* Элементы гелиоэнергетики: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов,

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

аспирантов и молодых ученых, 12–15 мая 2009: В 5 частях. Ч. 1. Томск: В-Спектр, 2009. 328 с.

2. *Голубцов М.С.* Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. М.: СОЛОН-Пресс, 2003. 288 с. (Серия «Библиотека инженера»).

3. http://www.archive-online.ru – Электронная библиотека.

КОРРЕКЦИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ МЕТОДАМИ ВИЗУАЛЬНОЙ ФОТО- (ИЛИ ЦВЕТО-) СТИМУЛЯЦИИ

Е.В. Бугров, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. КУДР, Bugrov@sibmail.com

История цветотерапии. Цветотерапия – один из старейших методов лечения, известных человечеству. Цветом лечили в древнем Египте, Китае, Индии, Персии. В египетских храмах археологи обнаружили помещения, конструкция которых заставляла преломлять солнечные лучи в тот или иной цвет спектра. Египетские жрецы, определив, дефицит какого цвета испытывает человек, словно бы купали больного в оздоравливающих потоках целительных для него лучей.

Цветовое воздействие на организм достаточно хорошо известно. Фактически врачи издавна использовали элементы цветотерапии. Величайшие врачи прошлого считали цвет одним из важнейших факторов в процессе излечения.

Действие различных цветов на психофизиологическое состояние. Каждый цвет оптического спектра электромагнитного излучения оказывает определенное воздействие на психофизиологическое состояние человека. Это объясняется влиянием различных спектров на функционирование вегетативной нервной системы, на уровень баланса между двумя ее отделами – симпатическим и парасимпатическим.

Поскольку вегетативная нервная система является ведущим звеном в физиологической регуляции работы внутренних органов, то даже малейшие изменения ее активности в результате визуальной цветостимуляции отражаются на деятельности всех органов и систем. Кроме того, воздействие различных цветов через зрительный анализатор (глаза) непосредственно влияет на подкорковые центры, в частности, лимбическую систему, отвечающую за регуляцию эмоционального состояния.

В проводимых исследованиях по анализу воздействия цвета на психоэмоциональное состояние организма, применялся аппарат психоэмоциональной коррекции (АПЭК) с терминалами красного и зеленого цветов.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Ниже кратко приводится общее действие этих цветов на психофизиологическое состояние человеческого организма и возможные общие показания к применению при различных заболеваниях.

Красный цвет повышает иммунитет. Стимулирует надпочечники, сенсорные центры. Ускоряет кровообращение, учащает сердцебиение, дыхание. Усиливает обмен веществ, аппетит, мышечную силу, выносливость. Устраняет застойные явления. Оказывает выраженный психостимулирующий эффект. Повышает рефлекторную деятельность. Пробуждает страсть, отвагу, волю к жизни, оптимизм. Усиливает либидо. При астенических расстройствах оказывает антидепрессивный эффект, увеличивает темп мышления, вызывает речедвигательное оживление.

Красный цвет может вызвать чувство эмоционального напряжения, волнения, тревоги, артериальную гипертензию и тахикардию.

Зеленый цвет является гармонизирующим цветом. Активизирует работу вегетативной нервной системы. Снимает спазм гладкой мускулатуры сосудов и бронхов. Нормализует артериальное давление. Устраняет возбуждение, беспокойство, снимает эмоциональное напряжение. Оказывает релаксирующий эффект. Убирает негативные эмоции. Стабилизирует психоэмоциональный фон [1–3].

Механизмы действия аппарата «АПЭК». Действие аппарата «АПЭК» основано на уникальных биофизических технологиях. Данный прибор позволяет успешно решить многие проблемы здоровья. Результатом лечения аппаратом «АПЭК» является повышение ресурса здоровья, работоспособности, регуляция и управление функциями организма. После воздействия аппарата «АПЭК», ликвидируются последствия стрессорного воздействия на всех уровнях организма и существенно повышается его устойчивость к возможным новым отрицательным воздействиям. Опыт реализации данного метода лечения позволяет уверенно говорить о восстановлении функций зрительного анализатора, нормализации работы головного мозга, улучшении мозгового кровообращения, восстановлении обменных процессов во всех органах и системах органов.

Основной механизм лечебного воздействия аппарата «АПЭК» – нормализация работы центральных регуляторов и центральной нервной системы в целом. Аппаратом генерируется поочередное воздействие на периферические поля зрения левого и правого глаза оптическим импульсом определенной длины волны и специальной формы, имитирующим форму нервного импульса в зоне перехвата Ранвье, модулированным альфа-ритмом. Использование различных узкополосных спектров резонансных частот видимого излучения обеспечивает селективность воздействия на различные структуры мозга через сетчатку глаза и соответственно весь организм. Головной мозг способен усваивать ритм, «навязанный» ему извне и генерировать биоэлектрическую

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

активность таким образом, что в момент возбуждения кортикальных элементов в одном полушарии соответствующие им элементы в другом полушарии находятся в состоянии торможения. Ритмическое воздействие на супрахиазмальные ядра гипоталамуса, осуществляемое путем визуальной цветостимуляции, способствует гармонизации межполушарных взаимодействий, выводя мозг на режим оптимальной работы, синхронизируются биоритмы зрительного анализатора, головного мозга и всего организма, идет нормализация работы участков патологического торможения и возбуждения, позволяя запустить процессы излечения хронических заболеваний во всем организме.

Медикаментозная коррекция психоэмоционального состояния неврологических больных – высокоэффективный метод. Вместе с тем применение его сопряжено с целым рядом негативных последствий: однократный прием многих препаратов сопровождается изменением физиологических функций, ограничивающим доступ к выполнению профессиональных обязанностей в ряде отраслей народного хозяйства, например управлению транспортными средствами.

Длительная медикаментозная терапия нередко является причиной болезненной зависимости от препаратов, привыкания к ним, токсических осложнений, аллергических реакций. Поэтому в последнее время многие исследователи обратили свое внимание на цветотерапию.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беббит Э.Д.* Принципы света и цвета. Исцеляющая сила цвета. К.: София, 1996.

2. *Зверев В.А., Мамедов Ю.Э., Алимова С.Ф.* Биорезонансная офтальмоцветотерапия. Профилактика и лечение психосоматических заболеваний с помощью аппаратов «АПЭК». Сб. метод. рекомендаций. Томск, 2007.

3. *Готовский Ю.В., Вышеславцев А.П., Косарева Л.Б и др.* Цветовая светотерапия. М.: Имедис, 2001.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА

Е.В. Бугров, аспирант;
В.А. Малыгин, исполнит. директор МАИМед
г. Томск, ТУСУР, каф. КУДР,Bugrov@sibmail.com

Светотерапия издавна применяется в медицинской реабилитации. Цветовое воздействие на организм достаточно хорошо известно. Фактически врачи издавна использовали элементы цветотерапии. Сильное возбуждение снималось у больного при приступах буйства, когда его помещали в комнату с синими стенами, синим освещением. Величай-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

шие врачи прошлого считали цвет одним из важнейших факторов в процессе излечения. В последние годы лечебная практика пополнилась новым видом светолечения – фототерапией полихро-матическим поляризованным светом. Механизм действия заключается в следующем: световые волны действуют на мембрану клеток, регулируя их функцию, оптимизируют клеточный метаболизм, увеличивают синтез ферментов, иммуноглобулинов и белков плазмы, что способствует активации собственных процессов регенерации, т.е. происходит стимуляция защитной системы организма на клеточном и гуморальном уровне. К наиболее значимым терапевтическим эффек-там относятся биостимулирующий, обезболивающий, противовоспа-лительный, противоотечный, адаптационный [1].

К фототерапии относятся все методы лечения, связанные с воздействием на организм электромагнитного излучения в оптическом диапазоне спектра, т.е. света. Биологический эффект действия света на живую материю определяется главным образом длиной волны излучения и (в меньшей степени) мощностью излучения. Энергия света, поглощенная живой клеткой, проходит следующие стадии трансформации: поглощение света → миграция энергии → возбуждение хромофорного комплекса → трансформация электронной энергии → образование первичных фотопродуктов → фотобиологические эффекты [2].

Исследование психоэмоционального состояния. Обычно ритмы головного мозга, соответствующие различным психоэмоциональным состояниям человека, можно зафиксировать помощью электроэнцефалографа. Электроэнцефалограф регистрирует ритмы головного мозга в виде электрических потенциалов мозга непосредственно с кожной поверхности головы [3].

В проводимой работе изменение психоэмоционального состояния организма отслеживалось по изменению вегетативной нервной системы.

Изменение состояния вегетативной нервной системы (ВНС) отслеживалось при помощи медицинского аппарата «Бостон», работа которого основывается на сертифицированной методике. Данный аппарат позволяет производить анализ (ВНС) по вариабельности сердечного ритма (ВСР). Анализ ВСР является методом оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме человека, в частности, общей активности регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы.

Для анализа изменения психоэмоционального состояния организма, на основе отклика вегетативной нервной системы на различные внешние воздействия, применяются следующие параметры оценки:

1) артериальное давление;
2) частота сердечных сокращений (ЧСС) – частота пульса;

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

3) комплексная оценка функционального состояния – вычисляется в баллах по специальному алгоритму, учитывающему статистические показатели, показатели гистограммы и данные спектрального анализа кардиоинтервалов;

4) стресс-индекс (индекс напряжения регуляторных систем) – характеризует активность механизмов симпатической регуляции, состояние центрального контура регуляции. Этот показатель вычисляется на основании анализа графика распределения кардиоинтервала – вариационной пульсограммы [5].

Эти показатели можно получить, используя программно-аппаратный комплекс «Бостон». Результаты анализа ВСР, информация выдаются на монитор.

По результатам экспериментов, проводимых многими авторами, в различной литературе можно судить об эффективности светотерапии и других ее видов.

Светотерапия является эффективным средством психоэмоциональной коррекции организма с применением различных аппаратов светотерапии (Геска, АПЭК и др.). Светотерапию как лечение можно применять в комплексе с другими методами лечения для увеличения эффекта выздоровления.

Помимо лечения психоэмоциональных расстройств и депрессивных заболеваний, светотерапия успешно применяется в различных областях медицины: дерматологии и косметологии, терапии, хирургии, эндокринологии, неврологии, гинекологии и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Медведева Л.П., Воробьева Н.А.* Применение светотерапии от аппарата «Биоптрон» в санаторно-курортной практике // Информационно-волновые технологии в комплексной реабилитации пациентов в лечебных и санаторно-курортных учреждениях: Матер. науч. конф. Томск: Печатная мануфактура, 2004. С. 104–105.

2. *Палеев Н.Р., Карандашов В.И., Петухов Е.Б., Диасамидзе Ю.С.* Фототерапия и ее место в современной медицине // Вестник Рос. академии медиц. наук: ежемесячный науч.-теор. журнал. 2004. № 7. С. 15–19.

3. *Долецкий А.Н.* Электроэнцефалография. Волгоград: Центр «Нейро», 2005.

4. http://www.mentalritm.ru – Интернет-ресурс.

5. *Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др.* Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: Метод. рекомендации. СПб., 2003.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

АППАРАТ БИОРЕЗОНАНСНОЙ ТЕРАПИИ («ЦЕППЕР»)

Т.В. Елонова, студентка 5-го курса;
Д. Богатырева, студентка 2-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. КУДР, stalker@main.tusur.ru

Биорезонансная терапия (БРТ) – это терапия электромагнитными колебаниями, с которыми структуры организма входят в резонанс [1]. Воздействие возможно как на клеточном уровне, так и на уровне органа, системы органов и целостного организма. Основная идея применения резонанса в медицине заключается в том, что при правильном подборе частоты и формы лечебного (электромагнитного) воздействия можно усиливать нормальные (физиологические) и ослаблять патологические колебания в организме человека, которые нарушают физиологическое равновесие.

Таким образом, биорезонансное воздействие может быть направлено как на нейтрализацию патологических, так и на восстановление физиологических колебаний, нарушенных при патологических состояниях. Наиболее перспективны варианты БРТ, основанные на выборе частотного режима и формы лечебного сигнала с помощью обратной связи от больного.

Метод биорезонансной терапии применяется и для борьбы с паразитами, которые живут внутри организма человека (от вирусов до гельминтов). Были исследованы и зарегистрированы диапазоны частот более 150 тыс видов паразитарных форм [2]. Чувствительность паразитов к электромагнитному полю может изменяться в характерном для каждого паразитарного вида диапазоне, поэтому лечение этим методом достаточно сложно.

Однако опытным путем была обнаружена частота (частотный диапазон), которая влияет на биохимические процессы в клетках всех паразитов. Эта частота равна 30 кГц – это средний показатель, который одинаков в биохимических процессах клеток всех форм паразитарных инфекций [2].

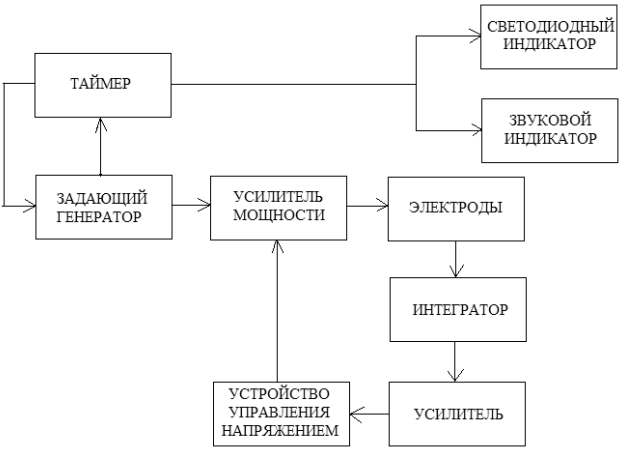
Эти исследования послужили основанием для разработки устройств биорезонансной терапии, предназначенных для подавления паразитарных инфекций и названных в дальнейшем «Цеппер» [2].

Целью данной работы является разработка аппарата биорезонансной терапии, позволяющего проводить антипаразитарную, антибактериальную и антивирусную терапию немедикаментозными средствами для эффективного лечения как острых, так и хронических заболеваний, в возникновении которых существенную роль играют паразитарные, бактериальные и вирусные инфекции.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

У разрабатываемого аппарата имеется аналог – аппарат «Цеппер», созданный по методике американского клинициста H.R. Clark [3]. Но предлагаемый аппарат обладает лучшими физиотерапевтическими свойствами, так как он имеет биологическую обратную связь, позволяющую учитывать особенности кожи пациента.

На рисунке представлена функциональная схема разрабатываемого аппарата.



Функциональная схема аппарата биорезонансной терапии

При включении питания от батареи, которое подается на все транзисторы и микросхемы устройства, начинает работать задающий генератор, выполненный на микросхеме К176ИЕ5, имеющей кварцевый резонатор с частотой, соответствующей 2^{15} Гц (32768 Гц). Эта частота попадает в диапазон частот, подавляющих все паразитарные инфекции. Затем сигнал поступает в усилитель мощности. Далее высокочастотное напряжение подается на электроды. Через организм пациента протекает пульсирующий ток заданной частоты.

Длительность воздействия физиотерапии регулируется таймером, выполненным на микросхемах К176ИЕ4 (десятичный счетчик выделяет последовательность f/10), К176ИЕ3 (выделяет последовательность f/6), К561ИЕ8 (для устройства отсчета минут).

Так как кожа человека имеет различные параметры (влажность, толщина ороговевшего слоя), то введена обратная связь, состоящая из интегратора, усилителя и устройства управления напряжением.

Интегратор превращает импульсное однополярное напряжение в постоянное. Сигнал обратной связи снимается с сопротивления обратной связи и усиливается операционным усилителем КР140УД5. Затем

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

этот сигнал подается на управляющий электрод устройства управления напряжением усилителя мощности, выполненного по схеме составного транзистора. Если ток выше нормы, то напряжение на усилителе мощности уменьшается, а если ниже, то увеличивается.

По истечении установленного времени таймер вырабатывает сигнал, подаваемый на микросхему К176ИЕ5 (останавливается генерация высокочастотного напряжения), запускает звуковой генератор и громкоговоритель, который сигнализирует об окончании сеанса. Кроме того, на семисегментном индикаторе высвечивается время воздействия в минутах.

Сеанс окончен. При возобновлении нового сеанса обнуляются счетчики таймера, и снова начинает работать высокочастотный генератор К176ИЕ5.

Ожидаемая область применения данного прибора – медицина, а также он может применяться в целях профилактики и терапии заболеваний в бытовых условиях.

Судя по литературным данным, разрабатываемый прибор будет эффективен при лечении острых инфекционных заболеваний, таких как грипп, ОРВИ, ОРЗ, пневмония и т.д., хронических и рецидивирующих инфекций, скрытых инфекционных и паразитарных заболеваний [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лихарев В.А.* Биорезонансная терапия // http:npl-rez.ru/

2. *История* метода биорезонансной терапии //http:biomedis.ru/

3. *«Ценпер»* – оригинальные приборы биорезонансной терапии //http:drclark.ru/

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ И ИОНИЗАТОР ВОЗДУХА*

А.В. Ермолаев, К.В. Мотрунчик, студенты 3-го курса

г. Томск, ТУСУР, каф. КУДР, aleaxe@sibmail.com

С развитием человечества и техническим прогрессом появились экологические проблемы. Ухудшилось качество питания (в продуктах появились химические добавки, некоторые продукты и вовсе заменились на искусственные). Качество воздуха также стало хуже. Появилось множество микроорганизмов, вызывающих болезни, которых не

* Выполнено в рамках проекта ГПО КУДР-0902 – Электронный пылеуловитель и ионизатор воздуха.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

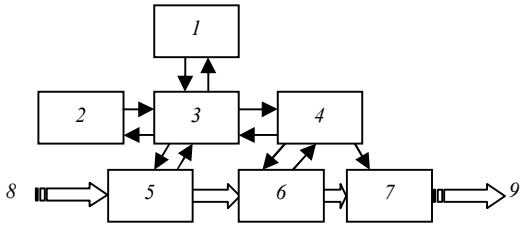
было ранее, возросла пылевая загрязненность воздуха. Человек стал меньше работать на открытом воздухе и больше времени проводить в закрытых помещениях, где повышенное содержание пыли, грибков плесени и других микроорганизмов, наносящих вред здоровью.

Кроме того, как указывал А.Л. Чижевский [1], в закрытых помещениях находится малое количество отрицательных аэроионов, полезных для здоровья человека. В настоящее время существует множество устройств ионизации и очистки воздуха от пыли, но нет комплексных систем.

Вследствие этого актуальной становится задача разработки такой системы, которая одновременно совмещала бы в себе очиститель от пыли и ионизатор воздуха, могла работать в автоматическом режиме, поддерживать надлежащее качество воздуха и обладала невысокой себестоимостью.

В основе работы прибора лежит электростатический принцип очистки воздуха от пыли и ионизации воздуха. На рисунке 1 приведена структурная схема прибора.

Блок управления (*3*) подаёт управляющий сигнал на высоковольтный блок (*4*), запуская его. Тот в свою очередь подаёт питающее напряжение на пылеуловитель (*6*) и ионизатор воздуха (*7*). После этого включается компрессор (*5*) и производится подача воздуха для очистки. В процессе работы прибора датчики (*1*, *2*) предоставляют информацию о содержании озона и пыли. При повышении концентрации пыли происходит переход прибора в более активный режим работы.



Структурная схема прибора: *1* – датчик озона; *2* – датчик пыли; *3* – блок управления; *4* – высоковольтный блок; *5* – компрессор (вентилятор); *6* – пылеуловитель; *7* – ионизатор; *8* – загрязнённый воздух; *9* – очищенный и ионизированный воздух

Если концентрация озона превысила допустимое значение, происходит отключение высоковольтного блока (*4*) и компрессора (*5*).

Напряжение на схему прибора подаётся через понижающий трансформатор с двухполупериодным выпрямителем напряжения. Выпрямитель изготовлен на отечественных диодах. Блок питания вы-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

соковольтной части построен по принципу двухтактного симметричного преобразователя постоянного напряжения в переменное с обратной индуктивной связью [3]. В схеме преобразователя использованы диоды, стабилитроны, мощные полевые транзисторы, резисторы отечественного и импортного производства. Катушки индуктивности первичной обмотки трансформатора и дроссель изготовлены вручную. В качестве повышающего трансформатора используется ТВС90 – ЛЦ5.

Блок управления (*3*) планируется изготовить на основе микроконтроллера фирмы «Microchip». В качестве датчика озона (*2*) используется датчик производства фирмы «Hanwei electronics co., ltd» [2]. Работа датчика пыли (*1*) основана на оптоэлектронном методе.

Основные характеристики: поддержание концентрации озона в помещении в пределах 0,005–0,02 мг/м^3 (5–20 ppm), безопасных по санитарным нормам для здоровья человека. Концентрация пыли в очищенном воздухе менее 1 мг/м^3. Прибор работоспособен при концентрации пыли не более 50 г/м^3.

Оптимальное количество ионов взято из СНИПа № 2152-80 на содержание отрицательных аэроионов в воздухе производственных и общественных помещений.

При настройке измерение эффективности работы прибора будет производиться с помощью специального измерительного оборудования. Эффективность работы пылеуловителя определяется по весу пыли, которую он собирает в течение определённого промежутка времени.

Данная разработка может использоваться как самостоятельное устройство либо входить в состав других приборов, например в пылесосе вместо выходного фильтра тонкой очистки.

При использовании воздухоочистителя-ионизатора аллергены, микроорганизмы, грибки плесени, неприятные запахи, прошедшие через прибор, нейтрализуются. Пыль собирается в приборе, остальная пыль, которая еще находится в воздухе, «заряжается» отрицательно и осаждается на полу и стенах (поскольку они имеют положительную полярность), конечно, влажная уборка потребуется чаще, но иначе эта пыль висит в воздухе и осаждается в наших легких.

Благодаря выделению отрицательных ионов прибор значительно снижает электростатическое напряжение от работающих телевизоров, компьютерных мониторов и других бытовых приборов.

Ионизатор оказывает благоприятное, оздоровительное влияние при заболевании органов дыхания, острых и хронических заболеваний ЛОР-органов, аллергии. При этом существенно уменьшается риск ОРЗ и других вирусных инфекций, повышается иммунитет [4, 5].

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Внедрение такого комплекса в учебных заведениях, детских садах, школах, на предприятиях, а также в других общественных местах и домашнем быту позволит улучшить микроклимат в помещениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Чижевский А.Л.* Аэроионификация в народном хозяйстве. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1989.
2. *Смирнов Б. М.* Отрицательные ионы. М.: Атомиздат, 1978. 176 с.
3. *Иванов Б.* Блок питания для люстры Чижевского // Радио. 1997.№5.
4. *Иванов Б.* Люстра Чижевского своими руками // Радио. 1997. №1.
5. *Бирюков С.* Люстра Чижевского // Радио. 1997. №2.

МЕТОД АКУПУНКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ НА ОСНОВЕ КИРЛИАН-ЭФФЕКТА*

С.Г. Еханин, проф. д.ф-м.н.;
А.И. Головизин, Е.А. Кубяк, студенты 4-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. КУДР, stalker@main.tusur.ru

В тридцатые годы двадцатого века отечественные ученые супруги Кирлиан открыли эффект, впоследствии названный в их честь и положивший начало новому методу исследования психофизиологического состояния человека [1]. Кирлиан-эффект [1] основан на явлении свечения электрического разряда на поверхности предмета, который помещен в переменное электрическое поле высокой частоты. При этом на один электрод подаётся высоковольтное переменное напряжение высокой частоты. Другим электродом служит сам объект. Оба электрода разделены между собой изолятором и тонким слоем воздуха. В этом слое воздуха, находящемся между объектом и электродом, т.е. в сильном электрическом поле, по мнению К.Г. Короткова [2], происходят следующие процессы.

Поляризация и разрыв молекул воздуха. Освободившиеся электроны, наряду с ионами, образуют некий небольшой ток между объектом и электродом. Результаты этого процесса видны в форме газового разряда, который образуется вокруг объекта. Форма короны свечения, её плотность, вкрапления и т.п. определяются свойствами объекта.

Возбуждение молекул воздуха. При этом происходит переход электронов молекул воздуха на более высокие атомарные уровни и обратно (с излучением квантов света). В различных точках поля, ок-

* Выполнено в рамках проекта ГПО КУДР-0811 – Портативное устройство Кирлиан-диагностики

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ружающего объект, электроны получают разную энергию, что приводит к испусканию квантов света разной длины. Последний факт регистрируется человеческим глазом или цветной фотобумагой: окрашивание короны свечения в разные цвета, в зависимости от свойств объекта. Эти процессы в своей совокупности дают общую картину Кирлиан-эффекта [2].

Впоследствии на основании исследований [1] немецкий ученый П. Мандель [3] высказал предположение, что характеристики газоразрядного свечения пальцев рук и ног связаны с состоянием находящихся на их кончиках точек акупунктуры, которые являются начальными или конечными пунктами энергетических каналов (меридианов). С помощью кирлианографии он проанализировал снимки свечения пальцев рук и ног сотен тысяч пациентов и разработал таблицы, которые позволяют определить состояние того или иного органа по характеристикам «свечения» отдельных зон пальцев рук и ног.

Однако, по нашему мнению, предлагаемый П. Манделем метод может быть неточен по трем причинам:

Во-первых, на пальцах расположено небольшое число акупунктурных точек, что не позволяет диагностировать весь организм.

Во-вторых, не доказана связь участков кожи на пальцах, исследуемых по методу П. Манделя, с какими-либо внутренними органами.

В-третьих, картина свечения в его методе может быть различна в зависимости от силы, с которой прижимается исследуемый палец.

Предлагаемый способ диагностики принципиально отличается от метода П. Манделя. Сущность предлагаемого метода заключается в том, что в электрическое поле помещается только исследуемая акупунктурная точка за счет применения щупа малого диаметра. Данный метод основывается на электрофизических свойствах акупунктурных точек. Доказано, что биологически активные точки обладают большей электропроводностью, чем другие участки кожи человека, и этот параметр может меняться в зависимости от активности исследуемой точки [4]. Чем она активнее, тем больше ее электропроводность, тем больше носителей заряда будет эмитироваться в зону электрического разряда, тем ярче будет свечение в газоразрядном промежутке. По величине этого свечения можно судить о состоянии исследуемой точки и соответствующего ей органа.

По нашему мнению, исследование состояния организма человека по предлагаемому методу является более состоятельным, чем способ П. Манделя, потому что основывается на данных диагностики с многовековой историей. Кроме того, атласы акупунктурных точек более достоверны и содержательны, чем атласы П. Манделя.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://kirlian.ru/

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

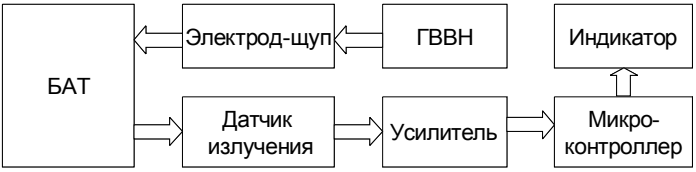
2. http://korotkov.biz/
3. http://lebendige-ethik.net/4-Mandel_1.html
4. *Voll R.* Topographic Positions of the Measurement Points in Electroacupuncture According to Voll. Vol. 1–4. ML-Verlags, Uelzen, 1977.

ПОРТАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО КИРЛИАН-ДИАГНОСТИКИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК*

А.И. Головизин, Е.А. Кубяк, студенты 4-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. КУДР, stalker@main.tusur.ru

Разрабатываемое устройство предназначено для исследования биологически активных точек (БАТ) организма человека. Методика исследования [1], реализованная в данном устройстве, принципиально отличается от метода, предложенного К.Г. Коротковым и П. Манделем [2–4]. В их методиках анализируется свечение кончиков пальцев рук и ног, а в предлагаемом приборе может анализироваться интенсивность свечения, а значит, и активность всех точек акупунктуры, используемых в многовековой традиции восточной медицины.

Структурная схема устройства представлена на рисунке. Портативное устройство Кирлиан-диагностики представляет собой блок обработки, ввода и вывода информации с выносным щупом. С помощью выносного электрода-щупа к БАТ подводится электрическое напряжение, вырабатываемое генератором высоковольтного высокочастотного напряжения (ГВВН).



Структурная схема портативного устройства Кирлиан-диагностики

Интенсивность свечения БАТ регистрируется датчиком излучения. Далее усиленный сигнал поступает на микроконтроллер, который его обрабатывает. Результаты исследования отображаются на индикаторе в виде светящейся шкалы или числовых значений.

* Выполнено в рамках проекта ГПО КУДР-0811 – Портативное устройство Кирлиан-диагностики.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Описание конструкции прибора. Так как устройство должно регистрировать свечение только конкретной исследуемой БАТ, то возникают следующие конструктивные требования. Щуп должен быть проводником, он должен иметь хорошую изоляцию ручки от рабочей высоковольтной части. Наконечник щупа должен иметь малую площадь (примерно равную площади БАТ), прозрачное изоляционное покрытие, предотвращающее попадание высокого напряжения на тело пациента и пропускающее свечение БАТ, иметь отверстие в центре для размещения оптического канала датчика излучения. Таким образом, щупом должна быть полая трубка из материала с большим удельным сопротивлением, с металлическим наконечником, покрытым прозрачным изоляционным материалом.

Датчик должен фиксировать излучение БАТ и не реагировать на посторонние помехи (свет, электрические помехи). Для минимизации воздействия рабочего сильного электрического поля щупа датчик был отдален от высоковольтной части. Передача свечения БАТ осуществляется по оптоволоконному кабелю. Для устранения влияния солнечного света применен светофильтр.

В законченной конструкции рабочая поверхность щупа представляет собой полую диэлектрическую трубку диаметром несколько миллиметров с металлическим наконечником, на который подается высокое напряжение. Наконечник покрывается прозрачным изоляционным материалом. Свечение передается по оптоволоконному кабелю, расположенному в центре щупа, на фотодиод, расположенный в экранированном корпусе блока управления. Напряжение на выходе фотодиода усиливается операционным усилителем и передается на микроконтроллер (МК). После обработки в МК результаты исследования БАТ в цифровой форме отображаются на дисплее.

Разрабатываемое устройство благодаря своим малым габаритам является портативным, простым в использовании. Устройство предназначено для использования в медицинских целях для оперативного анализа здоровья пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еханин С.Г., Головизин А.И., Кубяк Е.А. Метод акупунктурной диагностики на основе Кирлиан-эффекта // Научная сессия ТУСУР-2010: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: (в печати).

2. http://lebendige-ethik.net/4-Mandel_1.html

3. www.medeo.ru

4. http://kirliantechno.narod.ru/pages/Mandel.htm

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРИСЕРДЕЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

Я.Г. Лазарев, А.А. Захаров, студенты 4-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. КИБЭВС, bacer90@mail.com

Аритмии сердца – это нарушения частоты, ритмичности и последовательности сокращений отделов сердца. В норме электрический импульс, родившись в синусовом узле, расположенном в правом предсердии, идет по мышце в предсердно-желудочковый узел, а оттуда по пучку Гиса непосредственно к желудочкам сердца, вызывая их сокращение. Изменения могут произойти на любом участке проводящей системы, что вызывает разнообразные нарушения ритма и проводимости. Они бывают при нейроциркуляторной дистонии, миокардитах, кардиомиопатиях, эндокардитах, пороках сердца, ишемической болезни сердца. Аритмии часто являются непосредственной причиной смерти [1].

Это означает, что проведение операций по устранению аритмий сердца является важной составляющей современной кардиологии, а разработки современных высокотехнологичных операционно-диагностических систем смогли бы обеспечить высокую эффективность и качество лечебного процесса.

Эндоваскулярные операции по устранению аритмии сердца получили широкое распространение в современной кардиохирургии. Основным инструментом при таких операциях являются различные виды катетеров. Методика таких операций заключается в следующем. В тело пациента вводится катетер, который помещается в больную область сердца. Посредством этого катетера, происходит обнаружение больной области сердца и лечение ее путем деструкции аномальных проводящих путей и других источников аритмий [2].

На сложность проведения таких операций не в последнюю очередь влияет человеческий фактор. В процессе проведения эндоваскулярных операций от хирурга требуется постоянный контроль сердечной деятельности пациента и точное управление катетером. Для облегчения работы кардиохирурга предлагается часть функций по управлению катетером возложить на автоматизированную систему.

На протяжении более десяти лет в России и в мире разрабатываются целые комплексы для проведения операций такого рода.

Основные функции, которые выполняют эти системы:

1) регистрация и анализ с тела пациента различных видов сигналов (ЭГ, ЭКГ, артериальное давление и т. д.);

2) определение местоположения рабочего органа катетера в сердце пациента (система навигации);

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

3) генерирование и передача высокочастотной энергии в облучающую область катетера (система деструкции);

4) визуализация процесса операции при помощи ЭВМ и т.д.

Все эти системы существенно помогают хирургу в процессе операции и призваны снизить количество оперативных ошибок и неточностей, связанных с человеческим фактором [3].

Целью работы группы является разработка системы управления катетером при кардиохирургических операциях, которая позволит существенно повысить точность позиционирования катетера, снизить количество оперативных ошибок и будет способна использоваться с катетерами разных фирм.

Структурная схема разрабатываемого комплекса представлена на рисунке.

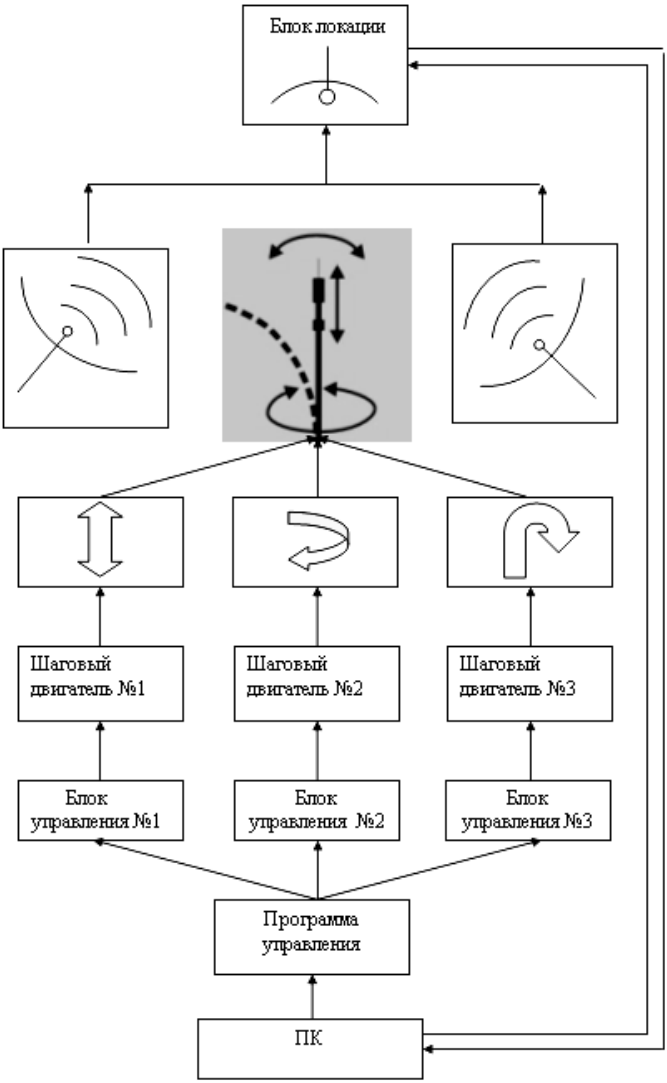
На схеме видны основные составляющие работы комплекса. Представить работу комплекса можно, используя алгоритм проведения операций системы. По этому алгоритму данные о том, как совершить манипуляцию, вводятся в компьютер через программу управления, программа управления в свою очередь посылает через COM-порты (а в будущем USB) сигналы на блоки управления, которые управляют необходимыми для совершения движения двигателями. Двигатель совершает определенное количество оборотов, тем самым через механическую передачу вращательное движение преобразуется в линейное. Поступательное движение в свою очередь передается ручке катетера, которой он и управляется. Ручка управляет кончиком катетера, который может совершать вращательные движения, поступательные, а также изгиб. Далее системы локации определяют погрешность, с которой было проведено перемещение, и делают поправочное перемещение, которое должно исправить погрешность. Таким образом, методом таких итераций можно достичь точного позиционирования инструмента.

Блок локации отвечает за наблюдение за ходом операции с экранов мониторов. Входящее в состав блока ПО выстраивает удобную 3D картинку сердца, с помощью которой хирург наблюдает за ходом операции и через ПК может задавать нужные действия. Блок соединен с блоком манипуляции катетера, который, собственно, и отвечает за перемещение катетера. Блок манипуляции получает команды от блока локации, и с помощью обратной связи определяется местоположение рабочей части катетера (далее идет уже описанный выше метод, при котором достигается максимальная точность позиционирования).

Перед группой стоят задачи спроектировать манипулятор, основными качествами которого являлись бы прочность конструкции, отсутствие больших вибраций исполняющих элементов, обеспечение

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

проведения манипуляций с большой контролируемостью, наличие аварийного режима исполнения функций комплекса.



Структурная схема комплекса

В рамках проекта группа уже изготовила демонстрационный электрический макет, который выполняет некоторые функции, однако

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

работы по усовершенствованию и внедрению новых функций продолжаются. В настоящий момент группа разрабатывает метод вычисления координат электрода, так называемой обратной связи, идет усовершенствование конструкции механических узлов, разрабатывается новая более эргономичная конструкция корпуса, в планах написание более совершенного программного обеспечения, которое будет принимать, обрабатывать и отправлять команды на блоки управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шумаков Е.В., Оферкин А.И., Попов Я.В., Алякин И.Н.* Система автоматического управления катетером. Науки о человеке: Сб. ст. по материалам Четвертого конгресса молодых ученых и специалистов. Томск, 15–16 мая 2003 г. Томск, 2003.

2. *Wellens HJ.* Катетерная аблация для лечения аритмий сердца // N. Engl. J. Med. 2004.

3. *Al-Ahmad A, Grossman JD, Wang PJ.* Ранние эксперименты по управлению катетера роботизированной системой // J Interv Card Electrophysiol. 2005.

ПОРТАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СЧЕТЧИКА*

А.С. Лозовецкий, И.А. Никифоров, Ф.Г. Попов, студенты 4-го курса;
В.А. Молошников, аспирант
г. Томск, ТУСУР, каф. КУДР, stalker@main.tusur.ru

Известно, что Солнце оказывает на биосферу Земли сильное влияние. Еще А.Л. Чижевский [1], основоположник гелиологии, говорил, что наша планета находится в солнечной короне, и все процессы, происходящие на Земле, тесно связаны с солнечной активностью. Эти влияния объясняют изменение численности насекомых, животных и людей, а также возникновение эпидемий, революций, войн. Что касается организма человека, то в результате изучения свойств крови было выявлено изменение числа лейкоцитов, скорости свертывания крови, были доказаны связи сердечно-сосудистых заболеваний человека с солнечной активностью.

Ранее были известны различные циклы, которые описываются числом Вольфа [2]: 80-летние, 11-летние, годовые, 27-дневные, недельные, суточные. В настоящее время выявлены короткопериодиче-

* Выполнено в рамках проекта ГПО КУДР-0811 – Устройство регистрации солнечной активности.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ские циклы длительностью менее часа: 30-, 20-, 12,5-, 7,5-, 5-минутные и др. [3].

Все это говорит о том, что человеку необходимо знать, какие ритмы солнечной активности будут иметь место в ближайшее время. К примеру, эти знания можно применять в неотложной медицине. Также данным знаниям можно найти применение в спорте, при различной деятельности, требующей повышенного внимания и ответственности.

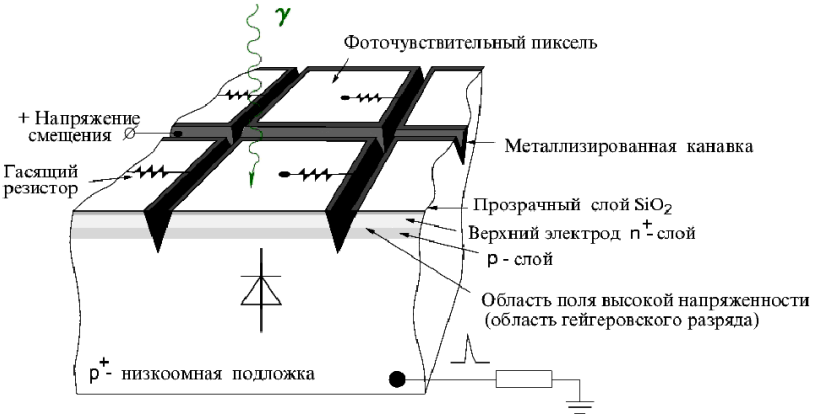
Для того чтобы на месте определять активность солнечных ритмов с наибольшей эффективностью, необходимо под рукой иметь портативное устройство регистрации солнечной активности. Метод анализа потоков атмосферных гамма-квантов, используемый в устройстве, осуществляется с помощью сцинтилляционного счетчика. Стационарная установка на основе данного счётчика подробнее описана в [4].

Чтобы устройство было компактным и могло работать в «полевых» условиях, необходимо сделать его портативным. Для решения этой задачи следует обеспечить уменьшение массогабаритных показателей и энергопотребления устройства. Электронно-вычислительное устройство (ПК) можно реализовать на микроконтроллере и оснастить собственным жидкокристаллическим дисплеем. Данные элементы обеспечивают низкое потребление электроэнергии. Однако устройство содержит сцинтиллятор и фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) [4], основными недостатками которого являются высокое энергопотребление и габаритные размеры. Следовательно, его использование в нашем портативном устройстве неприемлемо, в результате чего нами был рассмотрен в качестве альтернативы ФЭУ микропиксельный лавинный фотодиод (МЛФД), структура которого представлена на рисунке [5]. В отличие от ФЭУ, МЛФД обладает значительно меньшими габаритными размерами и энергопотреблением (рабочее напряжение 25–150 В против 3000 В для ФЭУ).

МЛФД имеет рабочую площадь 1 мм^2 и состоит из 556 пикселей (размер пикселя 45×45 мкм), каждый из которых представляет собой кремниевый фотодиод, изготовленный на низкоомной подложке *p*-типа. Для уменьшения оптической и электрической связи пиксели отделены друг от друга узкими металлизированными канавками. Каждый пиксель подсоединен к верхнему металлическому электроду через отдельное высокоомное сопротивление. Нижний контакт МЛФД является общим для всех пикселей. Если обратное смещение, прилагаемое к МЛФД, превышает напряжение пробоя *p*-*n*–перехода, то свободные носители, возникающие внутри области пространственного заряда (ОПЗ) пикселя, могут вызвать электрический (гейгеровский) разряд

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

этого пикселя и, соответственно, появление электрического сигнала на контактах МЛФД.



Структура МЛФД

Носителями, вызвавшими срабатывание пикселя, могут быть электроны и дырки, образованные либо в результате поглощения света внутри ОПЗ. Протекание тока через резистор вызывает падение напряжения на сработавшем пикселе и, как следствие, «гашение» гейгеровского разряда. Через время $\tau \sim RC$, где R и C – величины сопротивления и емкости пикселя, напряжение на пикселе восстанавливается, и он опять становится чувствительным к свету. Каждый пиксель работает как независимый счетчик фотонов. Если же одновременно сработало несколько пикселей, то сигнал на контактах МЛФД является суммой сигналов от всех сработавших пикселей [5].

Сигнал с датчика, регистрирующего гамма-кванты, поступает на компаратор, где сравнивается с пороговым значением образцового сигнала, при этом выделяется полезный сигнал. Далее сигнал от компаратора обрабатывается в микроконтроллере, после чего на дисплее можно наблюдать результаты наблюдений, которые представляют собой график зависимости интенсивности потоков гамма-квантов космического происхождения от времени. Анализируя текущие изменения этого графика, можно судить об изменении солнечной активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Чижевский А.Л.* Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995. 768 с.

2. http://ru.wikipedia.org/wiki/ Число_Вольфа.

3. *Чураков Ю.Н., Завершинская О.Е.* Исследование короткопериодических вариаций солнечной активности // Научная сессия ТУСУР–2005: Матер.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 26–28 апреля 2005 г. Ч. 1. Томск: ТУСУР, 2005. С. 178–180.

4. *Никифоров И.А., Лозовецкий А.С., Попов Ф.Г.* Устройство регистрации солнечной активности на основе сцинтилляционного счетчика // Научная сессия ТУСУР–2009: Матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых.Томск, 12–15 мая 2009 г. Ч. 1. Томск: В-Спектр, 2009. С. 156–158.

5. Мусиенко Ю.В., Ахромеев Е.В., Афанасьев А.Ю. Высокочувствительные МЛФД для сцинтилляционных счетчиков ближнего детектора эксперимента Т2К / Институт ядерных исследований РАН. М. 2006 . С. 21.

ИСПЫТАНИЕ ПОРТАТИВНОГО ПРИБОРА ДЛЯ ПОИСКА ГЕОПАТОГЕННЫХ ЗОН*

К.В. Майборода, С.В. Прилипкин, студенты 3-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, affable07@mail.ru

Геопатогенные зоны – участки на земной поверхности, в которых наблюдается неблагоприятное воздействие тех или иных факторов на здоровье и самочувствие человека или животных [1].

В качестве геопатогенных зон могут проявлять себя границы геологических, геофизических аномалий, так как вблизи их границ наблюдается наибольший градиент изменения плотности залегающих под землей пород, а также градиент изменения электрических, магнитных и гравитационных полей [2].

Существует несколько методов обнаружения геопатогенных зон, таких как лозоходство (биолокация), с помощью рамок и маятников, детекторов электромагнитного поля и др.

Предложенный СКБ «Сталкер» [2] метод позволяет производить поиск геопатогенных зон без использования сложного оборудования. В основу этого метода, который реализуется в работе исследуемого прибора, положено определение интенсивности потоков атмосферных гамма-квантов на поверхности Земли, повторяющих гравитационный рельеф местности [3].

Целью данной работы является испытание и тестирование портативного прибора, разработанного в СКБ «Сталкер», для поиска геофизических аномалий и геопатогенных зон. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

* Выполнено в рамках проекта ГПО КУДР-0810 «Устройство поиска геопатогенных зон».

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

– ознакомление с методикой экспериментальных исследований и работой георадара;

– проведение тестирования прибора в учебных аудиториях и на местности;

– анализ проделанной работы.

За время работы в рамках ГПО нами был проведен ряд исследований в 425-й аудитории главного корпуса ТУСУРа и Ново-Соборной площади.

Исследования гравитационного рельефа в аудиториях главного корпуса ТУСУРа

На рис. 1 приведен план аудитории №425. Серым цветом показаны учебные столы, размещенные в аудитории.

В начале производились «фоновые» испытания. Измерения проводились в точках, расположенных в середине столов (по схеме на рис. 1, верхний ряд). Цифрами от 1 до 5 обозначены номера экспериментальных точек. Используемое нами устройство производило автоматический подсчет попавших в него гамма-квантов за единицу времени (1 с). Эксперимент в каждой точке длился около 1 мин, за это время устройство производило измерения и по этим измерениям делались необходимые статистические расчеты. В результате экспериментов было показано, что существенного изменения интенсивности потоков гамма-квантов и формы гистограмм обнаружено не было. Это означает что в данной части аудитории аномального участка (геопатогенной зоны) нет.

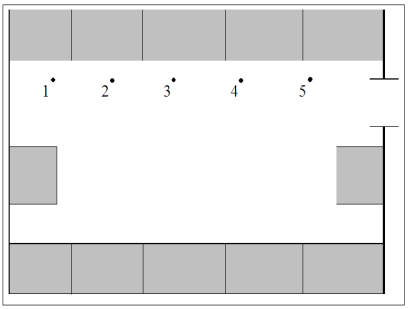


Рис. 1. План аудитории № 425 главного корпуса ТУСУРа

Испытания с искусственной геопатогенной зоной

В точку под номером 3 было установлено металлическое изделие массой около 30 кг, и повторно проведены измерения. На основе полученных данных в программе Excel были построены и изучены гистограммы распределения результатов и другие статистические параметры. В данной точке было обнаружено отклонение от нормального распределения и увеличение интенсивности потока атмосферных гамма-квантов. Полученные результаты свидетельствуют о наличии в этой точке искусственной гравитационной аномалии, а значит, и о достоверности используемого метода.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Исследования гравитационного рельефа на участке Ново-Соборной площади

Исследование Ново-Соборной площади связано с возможностью нахождения разрушенного фундамента Троицкого кафедрального собора. Троицкий кафедральный собор был заложен в 1845 г., а открыт в 1900 г. В честь этого собора получила свое название площадь Ново-Соборная. В 1930 г. кафедральный собор закрыли, а вскоре он был разрушен. Историческое название «Ново-Соборная» площади вернули в 1997 г.

На рис. 2 представлен план участка Ново-Соборной площади, где предположительно был расположен собор.

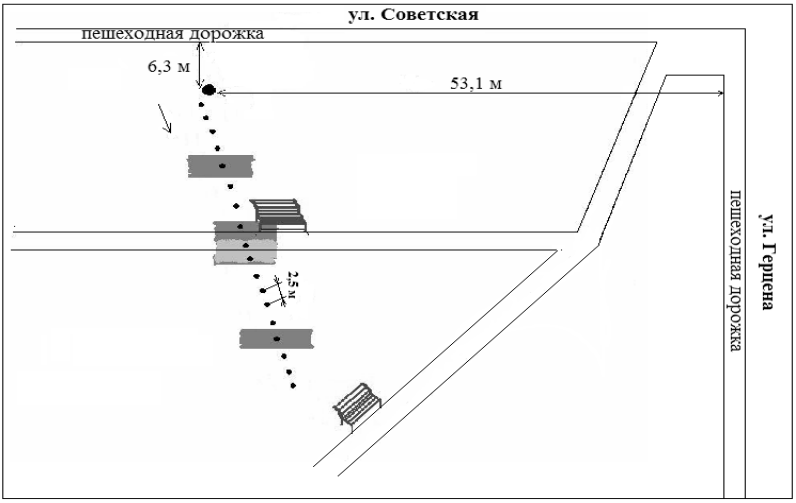


Рис. 2. План участка Ново-Соборной площади с результатами эксперимента

Траектория маршрута измерений показана точками (17 точек, расстояние между которыми 2,5 м). В каждой точке были измерены и проанализированы интенсивности потоков атмосферных гамма-квантов и построены гистограммы распределения результатов и на основании этих результатов был получен гравитационный рельеф точек маршрута. На рис. 2 прямоугольниками показаны участки с аномальной (максимальной) величиной гравитационного рельефа. Чем интенсивнее цвет прямоугольников, тем гравитационный рельеф выше, а значит, больше плотность грунта и его составляющих. По нашему предположению, в данных местах можгу располагаться части фундамента Троицкого кафедрального собора.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЛИТЕРАТУРА

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/геопатогенные зоны
2. *Еханин С.Г., Косточко С.В., Лобнов Н.В.* Метод поиска геофизических, геологических и экологических аномалий // Современные проблемы физики и технологии: Тез. докл. на Второй школе-семинаре молодых ученных, Томск, СФТИ, 5–7 февр. 2001 г. Томск, 2001.
3. *Гальпер А.М., Лейков Н.Г., Лучков Б.И.* Гамма-излучения и волны плавучести в атмосфере // Природа. 1981. №6. С. 14–21.

УСТРОЙСТВО ПОИСКА ГЕОПАТОГЕННЫХ ЗОН*

Е.В. Николаева, Е.С. Новикова, А.П. Санников, К.К. Шульженко, студенты 4-го курса; Е К. Интемиров, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. КУДР, stalker@main.tusur.ru

Метод поиска геопатогенных зон с помощью анализа параметров потока атмосферных γ-квантов [1, 2] – приемлем и перспективен, но является недостаточно точным, так как не учитывается степень влияния солнечной активности и фонового излучения [3].

Основными способами выделения полезного сигнала являются аппаратный метод и метод математической статистики.

Аппаратное выделение полезного сигнала позволяет исключать фоновые излучения и вариации солнечной активности, а также определять оптимальный алгоритм статистической обработки результатов. При аппаратном методе выделения полезного сигнала нами использовалась двойная фильтрация γ-квантов.

Первая фильтрация заключалась в задержке γ-квантов, идущих от земли и воздуха, с помощью свинцового экрана. При толщине свинцового экрана 10 мм коэффициент ослабления гамма-излучения с энергией менее 1–2 МэВ равен 20. Именно такую энергию и менее имеют γ-кванты, образующиеся в почве и воздухе при распаде большинства радиоактивных веществ, тогда как энергия атмосферных γ-квантов, несущих полезную информацию, много больше (> 100 МэВ), поэтому γ-кванты космического происхождения таким экраном практически не задерживались.

Вторая фильтрация производилась с помощью сцинтилляционного счетчика, позволяющего производить разделение гамма-излучения по энергии. В сцинтилляторе световая вспышка от атмосферных

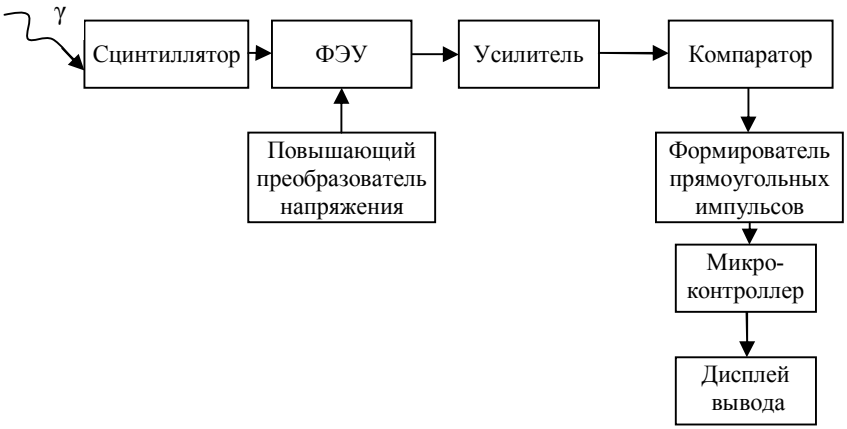
* Выполнено в рамках проекта ГПО КУДР-0810 «Устройство поиска геопатогенных зон».

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

γ-квантов ярче, чем вспышка от γ-квантов, идущих от почвы, воздуха, строений и биологических объектов, т.к. энергия первых на несколько порядков выше.

Принцип работы устройства представлен на рисунке, γ-кванты через свинцовый экран попадают на сцинтиллятор и образуют в нем световые вспышки, энергия которых определяет их яркость. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) преобразует полученные световые сигналы в электрические импульсы.

Повышающий преобразователь напряжения увеличивает напряжение питания до необходимого для работы ФЭУ. Далее сигнал усиливается и обрабатывается компаратором.



Функциональная схема прибора

Компаратор настраивается так, что пропускает импульсы лишь высокой амплитуды, характеризующие атмосферное γ-излучение. На выходе датчика формируется электрический импульс, содержащий полезную информацию. Но он чрезвычайно короток по времени и часто не регистрируется портом микроконтроллера ввиду его относительно медленной работы. Поэтому необходимо сформировать импульс достаточной длительности, чтобы он мог быть замечен микроконтроллером.

Помимо аппаратного выделения сигнала, в разрабатываемом устройстве используется метод математической статистики, осуществляемый программой микроконтроллера.

Методами математической статистики можно выделить полезный сигнал более точно. Например, определение для каждой серии измерений среднеквадратической ошибки дает выигрыш в чувствительности

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

в несколько раз, по сравнению с методом, основанным на анализе формы гистограмм [1, 2].

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{l} n_i x_i = \sum_{i=1}^{l} p_i x_i \,, \tag{1}$$

$$S^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{l} (x_i - \overline{x})^2 n_i = \sum_{i=1}^{l} p_i (x_i - \overline{x})^2 \,, \tag{2}$$

где S^2 – дисперсия; x_i – текущее показание; $\overline{x}$ – среднее значение.

$$\varepsilon_x = t_\alpha s / \sqrt{n} \,, \tag{3}$$

где ε_x – доверительный интервал для математического ожидания; S – среднеквадратическое отклонение; t_α – распределение Стьюдента; для α =0,95, t_α =1,972.

Форма гистограмм анализируется не визуально, как в [1, 2], а используя коэффициенты формы [4], рассчитываемые по формулам (4), (5). Коэффициент асимметрии:

$$Sk = \frac{\sum (x_i - \overline{x})^3 n_i}{n\sigma^3} \,. \tag{4}$$

Эксцесс

$$Ex = \frac{\sum (x_i - \overline{x})^4 n_i}{n\sigma^4} - 3 \,. \tag{5}$$

Данное устройство включает в себя оба метода выделения полезного сигнала (аппаратный и математический), и, помимо этого, прибор портативен и обрабатывает данные без персонального компьютера, выводит полученную информацию на дисплей микроконтроллера, что позволяет определять геопатогенные зоны на месте.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Еханин С.Г., Косточко С.В., Лобанов Н.В.* Метод поиска геофизических, геологических и экологических аномалий// Современные проблемы физики и технологии: Тез. докл. на Второй школе-семинаре молодых ученых. Томск, СФТИ, 5–7 февр. 2001 г. Томск, 2001.

2. *Зорин С.А. Николаева Е.В. Новикова Е.С. и др.* Устройство поиска геопатогенных зон // Научная сессия ТУСУР – 2009: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных, 12–15 мая: В 5 ч. Ч. 1. Томск: В-Спектр, 2009. 328 с.

3. *Гальпер А.М., Лейков Н.Г., Лучков Б.И.* Гамма-излучения и волны плавучести в атмосфере // Природа. 1981 №6. С. 14–21.

4. *Горелова Г.В., Кацко И.А.* Теория вероятности и математическая статистика в примерах и задачах с применением Excel: Учеб. пособие для вузов. 3-е

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

изд. доп. и перераб. Серия «Высшее образование». Ростов н/Д: Феникс, 2005. 480 с.

АВТОНОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯТОРЫ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА С ЭНДОГЕННЫМ ИОНОФОРЕЗОМ СЕЛЕНА

П.М. Пинкольский, аспирант
г. Томск, ТУСУР, каф. КУДР, trumper@sibmail.com

В работе [1] были проведены глубокие исследования эффективности применения автономных электростимуляторов с эндогенным ионофорезом таких микроэлементов, как Zn, Cr, Cu, Mo и Se, на животных.

Исследования были проведены в опытно-производственном хозяйстве «Боровское» Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства [2]. Девять бычков черно-пестрой породы в возрасте 12–13 месяцев, живой массой 350 кг были разделены на три группы. Первая группа – контрольная, вторая и третья – опытные. Животные были подобраны по принципу аналогов в отношении возраста и живой массы. Продолжительность опыта – 90 дней. Животным опытных групп один раз в неделю задавали при помощи болюсодавателя АЭС ЖКТ с эндогенным электрофорезом селена (2-я группа).

Для изучения морфобиохимических показателей, характеризующих состояние пищеварительных и обменных процессов, у животных за 1 ч до утреннего кормления были взяты пробы содержимого рубца и крови из яремной вены. Пробы исследовались по общепринятым методикам [3]. Учет мясной продуктивности проводили ежемесячным взвешиванием по двум смежным дням. На протяжении всего опыта бычки были клинически здоровы.

Все биохимические показатели крови животных сдвигаются в положительную сторону. В частности, концентрация Se в крови животных увеличилась с 8,2±0,3 до 9,3±0,1 %/мг. Измерения проводились на атомно-абсорбционном спектрофотометре Perkin Elmen-303.

Конечным выражением окислительно-восстановительных процессов в организме откормочного молодняка является прирост живой массы. Повышение скорости обменных процессов в организме подопытных групп животных положительно отражается на среднесуточном приросте живой массы (таблица). Так, прирост живой массы бычков второй группы, которой задавали АЭС с селеном, выше на 13,5%

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

по сравнению с контролем, а у третьей – с молибденом – на 7,3%, т.е. АЭС с селеном оказывает более положительное влияние как на показатели обменных процессов, так и на прирост живой массы бычков.

Изменение живой массы подопытных животных

Показатели	Группа		
	1	2 (Se)	3 (Mo)
Количество животных	3	3	3
Период апробации, дней	90	90	90
Живая масса при постановке на опыт, кг	354	359	358
Живая масса при снятии с опыта, кг	435	451	445
Прирост живой массы, кг	81	92	87
Среднесуточный прирост живой массы, г	900	1022	966
Процент к контролю	100	113,5	107,3

Полученные данные согласуются с исследованиями ряда авторов, которые отмечали, что введение небольших количеств селена в рацион мясных животных увеличивает прирост живой массы, а у овец – настриг шерсти [3]. При избыточном поступлении селена в организм животных (при искусственном его внедрении в состав рациона или использование сырья, произрастающего в богатых селеном районах) обычно отмечаются случаи снижения прироста живой массы, угнетение и отказ от корма.

Только после глубоких исследований на животных было принято решение разработать АЭС ЖКТ-Se для человека.

Пленка Se наносилась распылением поликристаллического селена в вакууме. Оптимальное количество поступления Se в организм человека зависит от возраста, пола, региона проживания, состояния здоровья и колеблется от 50 до 200 мкг/сут (минимум 1 мкг/кг в сутки).

При избыточном поступлении Se появляются симптомы острого отравления: тошнота, утомляемость, раздражительность, боли в животе, ринит, диарея, периферические нейропатии, артриты, анемии, повреждение ногтей, волос, эмали зубов, чесночного запаха изо рта, металлический вкус во рту, бронхопневмонии.

Так как основная биохимическая функция Se – участие в построении основного антиоксидантного фермента и, следовательно, защита организма от действия свободных радикалов, симптоматика заболеваний, вызванных недостаточным поступлением элемента в организм человека, весьма своеобразна. Наиболее общими признаками являются замедление роста, задержка развития, миопатия, гепатоз.

Дефицит Se является фактором риска развития гипертонической болезни, атеросклероза, ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда, смерти от инфаркта миокарда.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Исследование влияния АЭС ЖКТ-Se проводилось на добровольцах – мужчинах в возрасте от 24 до 60 лет. Среди многих негативных последствий селенодефицита (снижение противоинфекционного противоопухолевого иммунитета, кардиомиопатии, гепатозы и гепатиты, болезни кожи, остеоартропатии и др.) есть как минимум два имеющих явную демографическую направленность. Это репродуктивная недостаточность и внезапная смерть новорожденных. Неадекватная обеспеченность селеном обнаруживается у 80% обследованного населения России, проявляясь наиболее ярко у беременных женщин.

У всех добровольцев был проведен полный анализ крови, как до приема АЭС ЖКТ-Se, так и после приема через 7 и 14 дней. Следует отметить положительную динамику изменения всех исследуемых параметров крови в пределах среднестатистических значений.

На фоне применения селена наблюдается также положительная динамика в общем состоянии обследуемых – улучшение сна, появление бодрости, повышение работоспособности, прилив жизненных сил, снижение уровня токсических продуктов перекисного окисления липидов, повышение факторов антиоксидантной защиты организма, уменьшение уровня холестерина, общих липидов, повышение концентрации в крови лецитина. Таким образом, селен можно использовать в комплексе мер по профилактике старения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агафонников В.Ф., Дамбаев Г.Ц., Мартусевич Г.И.* Автономные электростимуляторы желудочно-кишечного тракта. 2-е изд. Томск: ТУСУР, 2005. 224 с.

2. *Агафонников В.Ф., Еранов А.Н., Романовский М.Н.* Применение автономных электростимуляторов ЖКТ для нормализации обменных веществ у бычков на откорме // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1996. № 1–2. С. 73–78.

3. *Изучение* пищеварения у жвачных. Метод. рекомендации НИИФПиП сельскохозяйственных животных. Борова. 1979.

4. *Технические* условия. ТУ 9444-018-07543077-2004 Электростимуляторы автономные желудочно-кишечного тракта с эндогенным ионофорезом селена АЭС ЖКТ-Se.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

АУДИОМЕТР ПОРТАТИВНЫЙ, ОСНОВАННЫЙ НА КОСТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ

А.Г. Понизов, Р.Ф. Нигматуллин, студенты 5-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, ponizov_ne@sibmail.com , rrafa@inbox.ru

Невозможность видеть отделяет человека от вещей. Невозможность слышать отделяет человека от людей.

Эммануил Кант

Многие, наверное, замечали, что если закрыть уши, то всё равно можно слышать звуки. Это происходит благодаря тому, что звуковые колебания передаются через кости черепа, этот компонент слуха называется костной проводимостью.

Для изучения костной проводимости на височную область устанавливается костный вибратор и снимается зависимость интенсивности звуковой волны (распространяющейся через кости черепа) от частоты [1].

Целью данного измерения является подача звукового сигнала напрямую на внутреннее ухо в обход среднего уха через кость черепа для определения порогов слуховой функции внутреннего уха.

В основном измерения такого рода производят специальными электроакустическими приборами – аудиометрами. Одним из недостатков современных аудиометров являются их относительно большие габариты и дороговизна.

Большие габариты и дороговизна связаны с необходимостью использовать в аудиометрах генераторы сигнала, воспроизводящих с достаточно маленькой погрешностью сигнал заданной частоты и интенсивности. С развитием микропроцессорной техники стало возможно устранить данную проблему и создать портативный и дешёвый аудиометр, основанный на костной проводимости.

Алгоритм работы такого аудиометра заключается в следующем:

1. Пользователь при помощи кнопок управления задает микроконтроллеру необходимость получения выбранного сигнала.
2. Микроконтроллер на встроенном ЦАПе выдает импульсный сигнал с заданной частотой и заданным размахом напряжения.
3. Сигнал микроконтроллера попадает на повторитель напряжения для разделения силовой и управляющей части устройства.
4. На Д-мультиплексоре сигнал направляется на один из полосовых фильтров (в зависимости от частоты). Д-мультиплексором управляет контроллер, задавая необходимый адрес.
5. На активном полосовом фильтре высшие гармоники и постоянная составляющая импульсного сигнала отфильтровываются. На

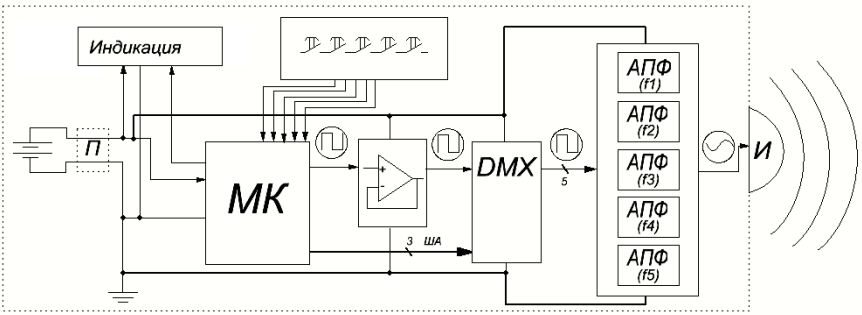
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

выходе получаем синусоиду, соответствующую основной гармонике неотфильтрованного сигнала (при необходимости ее можно усилить).

6. Подача отфильтрованного сигнала на костный вибратор

7. Частота и уровень выбранного сигнала отображаются на индикационной панели.

Функциональная схема портативного аудиометра, основанного на костной проводимости, приведена на рисунке.



Функциональная схема портативного аудиометра, основанного на костной проводимости: *П* – преобразователь напряжения питания; *МК* – микроконтроллер; *АПФ* – активный полосовой фильтр; *И* – излучатель вибрации; *DMX* – Д-мультиплексор; *ША* – шина адреса

Реализация переносного аудиометра позволит значительно облегчить работу врачей, особенно это будет иметь актуальность в период плановых медицинских осмотров. С появлением такого аудиометра на предприятиях с повышенной шумовой нагрузкой появится возможность систематически отслеживать здоровье работника.

В перспективе развития данного проекта станет задача реализации аудиометра портативного на основе костной и воздушной проводимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кочкин Р.В.* Импедансная аудиометрия. М.: МедЛит, 2006. 48 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЩГК В СВЕРХСИЛЬНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ*

И.С. Тен, Е.С. Худякова, студенты 3-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. КУДР, stalker@main.tusur.ru

Большую роль в микро- и наноэлектронике играют диэлектрики. Пленки диэлектриков, осажденные на различные поверхности, используются в электронных системах как функциональные элементы резисторов, конденсаторов, транзисторов и ИМС. Главной проблемой использования диэлектриков в устройствах микро- и наноэлектроники является высокая рабочая напряженность электрического поля. При переходе от электронных устройств к наноразмерам рабочая напряженность электрического поля еще более возрастает и может достичь критического значения, при котором диэлектрик потеряет свои изолирующие свойства.

Как показано в [1], в предпробивных полях резко возрастает интенсивность деградационных процессов в диэлектрических слоях, а следовательно, резко уменьшается их срок службы. Поэтому с развитием наноэлектроники интерес к изучению физических свойств диэлектрических пленок резко возрос.

Методов формирования тонких пленок на сегодняшний момент существует достаточно много. Все они обладают определенными достоинствами и недостатками. Каждый метод является оптимальным для определенного вида материала [2]. Пленки, полученные традиционными методами [2], априори имеют несовершенную структуру, поэтому изучение их свойств и особенно, интерпретация полученных результатов являются чрезвычайно сложной задачей.

Изучение любых сложных процессов проводят обычно на наиболее простых в структурном отношении и хорошо изученных материалах, так называемых модельных. Щелочно-галоидные кристаллы (ЩГК) являются классическими модельными диэлектриками, поэтому в данной работе исследования наноструктурных объектов (НСО) будут проводиться на этих модельных материалах.

Приготовление тонких слоев ЩГК осуществлялось методом анизотропного растворения [3], как наиболее подходящего для выбранного рабочего материала. Утончение слоя производилось на основе водных растворов этилового спирта, что позволило получать диэлектри-

* Выполнено в рамках проекта ГПО КУДР-0903 – Исследование наноструктурных объектов, возникающих в ЩГК в сверхсильном электрическом поле.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ческие слои с более ровной поверхностью [3]. Именно этот метод подходит для получения тонких слоев ЩГК, т.к. он позволяет сохранять в диэлектрическом слое кристаллическую структуру. Кроме того, немаловажную роль играет тот факт, что именно при анизотропном растворении пленка получается плоской и можно узнать напряженность электрического поля в конкретной области диэлектрика, поскольку толщина слоя на выбранном участке поверхности остается постоянной.

Ранее в тонких слоях ЩГК в предпробивных полях наблюдались такие процессы, как эмиссия электронов в вакуум, ударная ионизация электронами, генерация структурных дефектов (нульмерных и одномерных). Последние рассматриваются в данной работе в качестве НСО. Генерация таких НСО может привести диэлектрик к преждевременному электрическому пробою, вследствие чего диэлектрик теряет свои изолирующие свойства. Знание природы и распределения дефектов в кристаллах необходимо еще и потому, что они оказывают вредное влияние на характеристики электронных приборов, воздействуют на пластичность и прочность кристаллов, на их электронную и ионную проводимость, диффузионные свойства и т.д.

Существует много способов выявления нульмерных и одномерных НСО (атомно-силовая микроскопия, туннельная микроскопия, растровая электронная микроскопия и др.), но наиболее доступным в нашем случае является избирательное травление. Суть метода заключается в обнаружении мест выходов одномерных НСО (дислокаций), содержащихся в любой кристаллической структуре материала, на поверхность макрокристалла. На рис. 1 представлено трехмерное изображение линии дислокации в кристалле. По виду формы ямки травления (конической) можно судить, что она образована на выходе краевой дислокации в результате преимущественного растворения атомов из дефектной области [4].

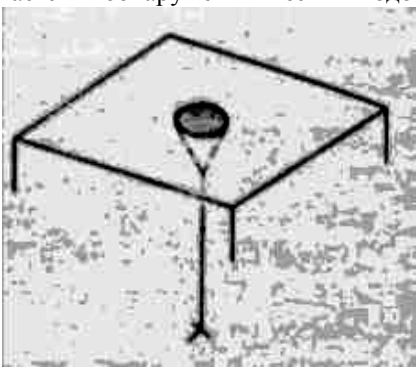


Рис. 1. Фигура травления кристалла в местах выхода дислокаций на поверхность

Данная работа посвящена детальному изучению НСО, возникающих в ЩГК в сверхсильных электрических полях. Для достижения этой цели на первом этапе необходимо подобрать оптимальные условия для получения нужных фигур травления. Поэтому в первую очередь были освоены

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

технологии химического избирательного травления. Дислокационную структуру наблюдали на поверхности макрокристалла.

В результате подбора режимов получены оптимальные условия для проведения процедуры травления поверхности скола макрокристалла: температура растворителя – T = 24 ºС; концентрация растворителя – $CdCl_2$:C_2H_5OH⇒1:1; длительность процесса травления – 2 мин.

Травленую поверхность исследовали с помощью металлографического микроскопа МИМ-7. Фотография одного из полученных образцов изображена на рис. 2. Фигуры травления представляют собой ямки конической формы, аналогичные рис. 1.

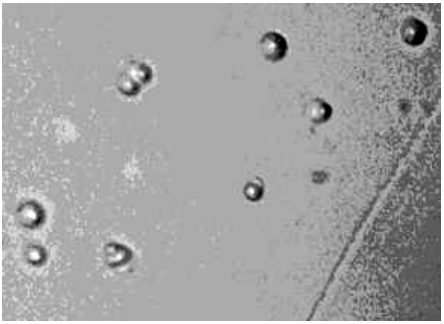


Рис. 2. Микрофотография поверхности кристалла NaCl после травления

В дальнейшем планируется детальное исследование НСО с использованием других известных методов (атомно-силовая микроскопия, растровая, туннельная микроскопия и др.) и изучение их поведения в сильных и сверхсильных электрических полях. Результаты исследований в области наноэлектроники могут стать основой для создания нового метода нанолитографии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Нефедцев Е.В.* Деградационные процессы в кристаллах NaCl в сверхсильных электрических полях: Дис. … канд. физ.-мат. наук. Томск, 1990. 194 с.

2. *Чикин Е.В.* Физико-химические основы технологии электронных систем: Учеб. пособие. Томск: ТМЦДО, 2006. 209 с.

3. *Еханин С.Г., Несмелов Н.С., Нефедцев Е.В.* Приготовление тонких монокристаллов NaCl методом анизотропного растворения // ПТЭ. 1986. № 3. С. 225–227.

4. *Халл Д.* Введение в дислокации: Пер. с англ. В.С. Хаймович. Атомиздат: М.: 1968. 280 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СЕКЦИЯ 5

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

*Председатель – **Лощилов А.Г.**, м.н.с., СКБ «Смена», к.т.н.;*
*зам. председателя – **Бомбизов А.А.**, ассистент каф. КУДР*

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ КОНТАКТА МЕТАЛЛ–ОКИСЕЛ–МЕТАЛЛ*

С.А. Артищев, студент, техник СКБ «Смена»;
Э.В. Семенов, к.т.н., доцент каф. РЗИ
г. Томск, ТУСУР, 824tusur@mail.ru

Иногда в линиях передачи могут встречаться разрывы, различного рода дефекты, некоторые из которых представляют собой контакты металл–окисел–металл (МОМ), например, некачественные, но еще функционирующие контакты, витые скрутки проводов. Представляет интерес обнаружение и определение местоположения таких элементов с целью их устранения. Предложен метод исследования неоднородностей в линии передачи с применением импульсных сигналов с нулем спектра, который позволяет получить информацию о наличии неоднородностей, расстоянии до них и характере их импеданса [1]. Для проведения предварительных модельных исследований создан виртуальный измерительный прибор в САПР Microwave Office. Но в этой среде нет модели для МОМ-контакта. Поэтому целесообразно было бы построить модель на базе тех нелинейных элементов, которые уже встроены в данную САПР.

В данной статье приведено описание построения модели контакта МОМ для проведения вычислительного эксперимента по обнаружению и определению расстояния до неоднородностей данного типа.

В исследованиях, проведенных ранее другими авторами, было показано, что МОМ-контакт проявляет нелинейные свойства. Поэтому за основу построения модели взяты результаты эксперимента, описанного в работе [2]: стальной шар радиусом 3 мм – плоскость, отполированная, а затем оставленная на воздухе при 400 °С в течение 8 ч для

* Работа выполнена в рамках группового проектного обучения (РЭТЭМ-0906) по проекту «Нелинейный импульсный анализатор цепей».

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

создания слоя окисла. В ходе эксперимента была получена близкая к симметричной вольт-амперная характеристика (кривая *1*, рис. 3). При соответствующем выборе параметров она удовлетворительно аппроксимируется экспоненциальной зависимостью:

$$i = i_S \left[\exp\left(\frac{q}{NkT} u \right) - 1 \right], \qquad (1)$$

где i и u – ток и напряжение, указанные на рис. 1; i_S – обратный ток; q – элементарный заряд, k – постоянная Больцмана; T – температура; N – фактор неидеальности.

Аналогичной зависимости подчиняется начальный участок ВАХ диода. Значит, ближайшим аналогом разрабатываемой модели в Microwave Office можно считать модель полупроводникового диода SDIODE (см. рис. 1).

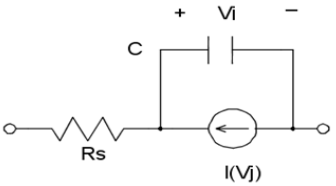


Рис. 1. Эквивалентная схема модели диода SDIODE

При определенных параметрах диода его ВАХ будет повторять экспериментальную зависимость. Так как эксперимент проводился с использованием контактов из одинакового материала, полученная ВАХ является почти симметричной. Поэтому модель МОМ-контакта должна быть составлена из двух диодов с одинаковыми параметрами, включенных встречно-параллельно. Ниже приведена схема включения диодов, реализованная в Microwave Office (рис. 2).

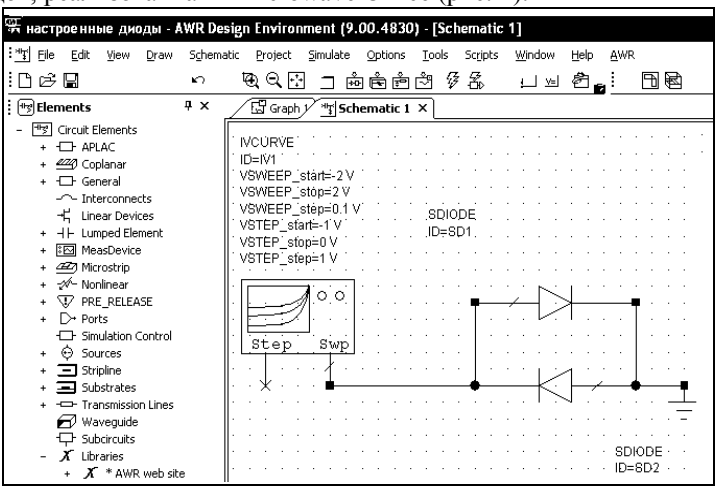


Рис. 2. Схема включения диодов

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Результат аппроксимации с подобранными параметрами диодов $i_S = 1$ мА, $R_S = 29$ Ом, $N = 20$ представлен кривой *2* (рис. 3).

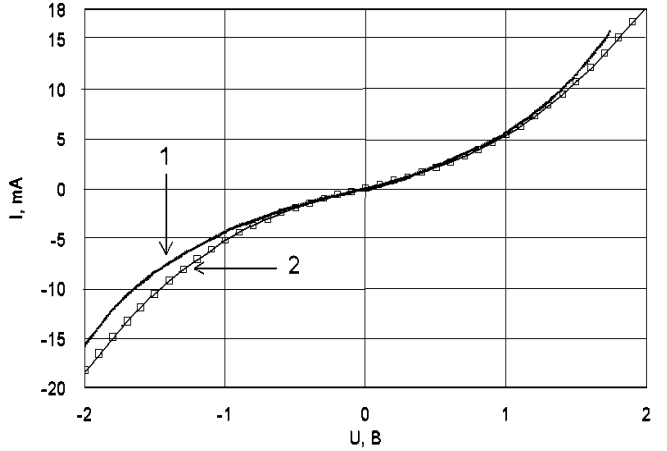


Рис. 3. Вольт-амперная характеристика МОМ-контакта из стали. Кривая *1* – эксперимент; кривая *2* – аппроксимация экспоненциальной зависимостью

Для удобства дальнейшего использования данная схема оформлена в виде библиотечного элемента для Microwave Office с использованием формата XML (рис. 4).

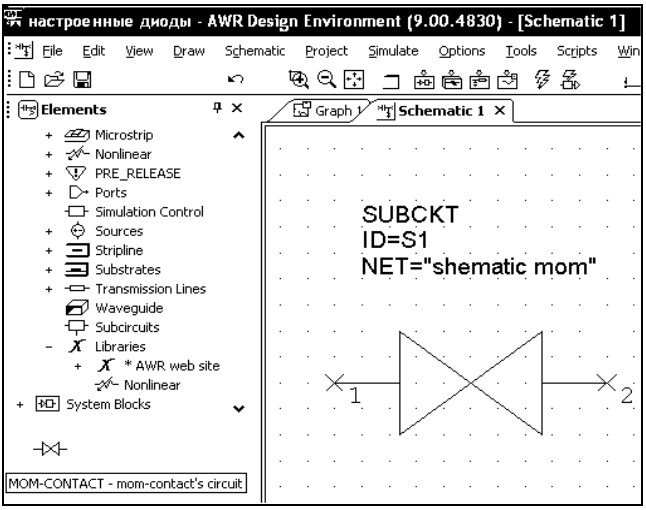


Рис. 4. Выбор модели МОМ-контакта как библиотечного элемента

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Таким образом, получена модель МОМ-контакта, которая дает возможность проводить расчеты с использованием виртуального эмулятора векторного импульсного измерителя цепей Р4-И-01 [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Семенов Э.В.* Исследование неоднородностей в линии передачи с применением импульсных сигналов с нулем спектра // Электронные средства и системы управления: 4 междунар. науч.-практ. конф. Томск, 2007. С. 77–80.

2. *Штейншлейгер В.Б.* Нелинейное рассеяние радиоволн металлическими объектами//Успехи физических наук. 1984. Т. 142. Вып. 1. С. 131–145.

3. *Векторный* импульсный измеритель цепей Р4-И-01. Руководство по эксплуатации. Томск, 2006, 65 с. Режим доступа: http//www.impulsem.ru/ru/r4-i-01.html.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО КОНТАКТА МЕТАЛЛ–ОКИСЕЛ–МЕТАЛЛ*

С.А. Артищев, студент, техник СКБ «Смена»;
Э.В. Семенов, к.т.н., доцент
г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, 824tusur@mail.ru

В работе [1] была получена модель стального нелинейного контакта металл–окисел–металл (МОМ) и проведены виртуальные эксперименты в системе Microwave Office. В продолжение этой работы необходимо провести экспериментальные исследования реальных МОМ-контактов.

Целью настоящего этапа работы являются разработка установки для измерения вольт-амперной характеристики (ВАХ) МОМ-контакта и проведение экспериментальных исследований.

Для проведения измерений ВАХ была разработана универсальная измерительная установка, схема которой представлена на рис. 1.

Измерительная установка включает в себя генератор сигналов произвольной формы Tektronix AFG 3101 (G1), цифровой осциллограф Tektronix TDS 1012B (P1) и управляющий компьютер. Пилообразный сигнал с генератора G1 регистрируется первым каналом осциллографа P1, а сигнал, прошедший через исследуемый образец (K1), регистрируется вторым каналом. Резистором R1 задается ток, протекающий через исследуемый контакт K1. Измеренные временные зависимости

* Работа выполнена в рамках группового проектного обучения (РЭТЭМ-0906) по проекту «Нелинейный импульсный анализатор цепей».

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

напряжения на входах *1* и *2* осциллографа P1 передаются на управляющий компьютер, где происходит расчет вольт-амперных характеристик исследуемого образца.

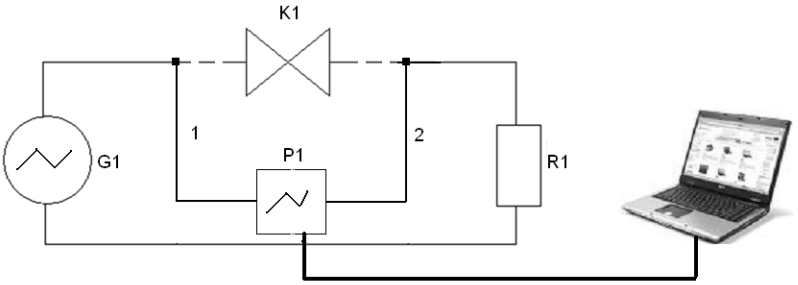


Рис. 1. Структурная схема установки для измерения ВАХ реального образца: G1 – цифровой генератор Tektronix AFG 3101; P1 – цифровой осциллограф Tektronix TDS 1012B; R1– сопротивление нагрузки; K1 – исследуемый образец

Управление процессом измерения (формой тестового сигнала, параметрами оцифровки сигнала) осуществляется с помощью программного обеспечения MATLAB R2009b и встроенного Toolbox Instrument Control. Подключение цифровых генератора и осциллографа к компьютеру осуществляется с применением программного обеспечения TekVISA Resource Manager V3.00.

В качестве примера работы установки на рис. 2 приведена измеренная вольт-амперная характеристика диода Шотки BAT46. Использование управляющего персонального компьютера позволяет уменьшить погрешность измерений путем усреднения результата и обеспечить контроль над процессом.

На следующем этапе исследований решалась задача измерения параметров реального контакта металл–окисел–металл. В качестве опытного образца были взяты медные провода, предварительно окисленные путем отжига. На образец подавался пилообразный сигнал частотой 90 Гц, амплитудой 3 В и проводилась серия измерений. Результаты исследований представлены на рис. 3. Кривой *1* показана измеренная вольт-амперная характеристика опытного образца. Кривыми 3 и 4 показаны экспериментальная ВАХ стального МОМ-контакта, приведенная в статье В.Б. Штейншлейгера [2], и вольт-амперная характеристика модели [1], разработанной в среде MicrowaveOffice. Для сравнения на рис. 3 приведена измеренная ВАХ линейного элемента (резистор 100 кОм) кривая *2*.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

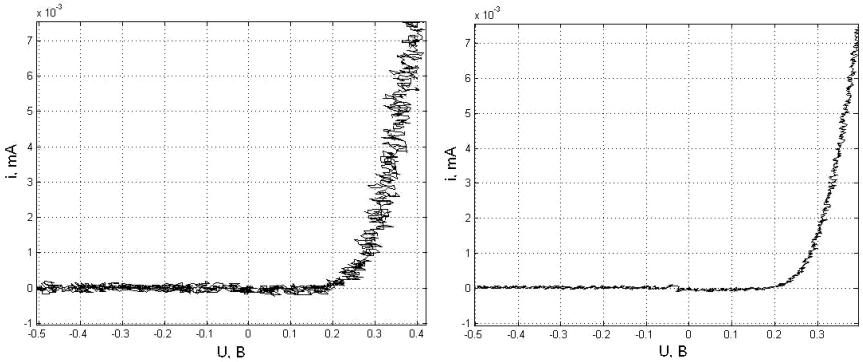


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика диода Шотки BAT46 при различном усреднении: слева – по 5 измерениям, справа – по 100 измерениям

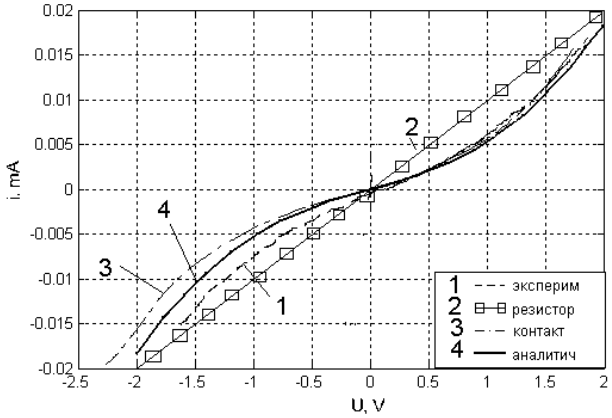


Рис. 3. Вольт-амперная характеристика контакта металл–окисел–металл

По виду ВАХ ясно, что опытный образец действительно проявляет нелинейные свойства. Таким образом, экспериментальные данные соответствуют данным, полученным при моделировании. Дальнейшей задачей является проведение измерений с помощью векторного импульсного измерителя характеристик цепей Р4-И-01 [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Артищев С.А.* Построение модели контакта металл–окисел–металл. Наст. сб.

2. *Штейншлейгер В.Б.* Нелинейное рассеяние радиоволн металлическими объектами//Успехи физических наук. 1984. Т. 142, вып. 1. С. 131–145.

3. *Векторный* импульсный измеритель характеристик цепей Р4-И-01: Руководство по эксплуатации. Томск, 2006. 65 с. Режим доступа: http//www.impulsem.ru/ru/r4-i-01.html

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ДИАГНОСТИКА КАЧЕСТВА НЕЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ Х-ПАРАМЕТРОВ ПРИ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Т.Х. Бибиков, аспирант каф. РЭТЭМ;
Э.В. Семенов, доцент каф. РЗИ, к.т.н.;
Н.Д. Малютин, зам. проректора по научной работе, проф., д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, Bibikov.Timur@gmail.com

В настоящее время завершаются работы по проекту РФФИ № 09-08-99041, в рамках которого разработан виртуальный импульсный нелинейный векторный анализатор цепей [1], представленный в виде библиотечного элемента для САПР AWR Design Environment. Разработанный прибор позволяет выполнять виртуальные измерения характеристики нелинейности [2–3] отдельных элементов и цепей с использованием видеоимпульсных и сверхширокополосных тестовых сигналов. С использованием векторного импульсного измерителя характеристик цепей Р4-И-01 [4] и виртуального импульсного нелинейного векторного анализатора цепей установлено, что модели нелинейных устройств, представленные в виде эквивалентных схем, состоящих из управляемых источников тока или напряжения, нелинейных емкостей и пр., достаточно хорошо описывают их нелинейные свойства при импульсном воздействии. Для иллюстрации этого была собрана экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 1.

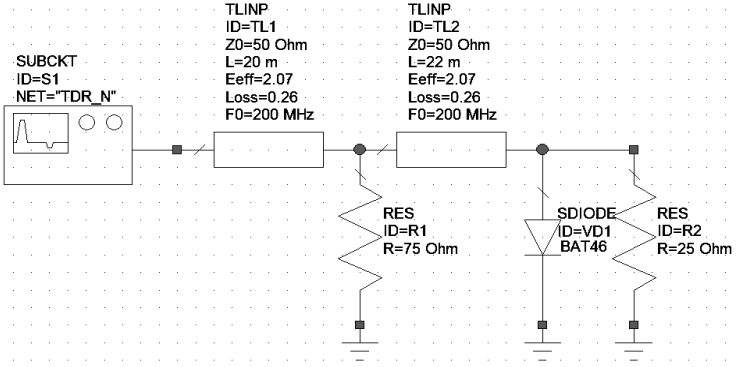


Рис. 1. Линия передачи с линейной (*R*1)
и нелинейной (*VD*1 и *R*2) неоднородностями

При тестировании этой схемы приборами были получены линейная и нелинейная рефлектограммы [1]. На рис. 2 приведены рефлектограммы, полученные с помощью виртуального прибора, на рис. 3 – с помощью прибора Р4-И-01. Из сравнения рис. 2 и 3 можно видеть хо-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

рошее совпадение как линейной, так и нелинейной рефлектограмм с результатами виртуального тестирования.

В последнее время набирают популярность нелинейные модели, продвигаемые корпорацией Agilent Technologies, построенные на основе *X*-параметров [5]. Модель на основе *X*-параметров использует линейное приближение многомерной характеристической функции F, задающей соответствие всех входных спектральных компонент возбуждающей волны A с выходными спектральными компонентами рассеянной волны B.

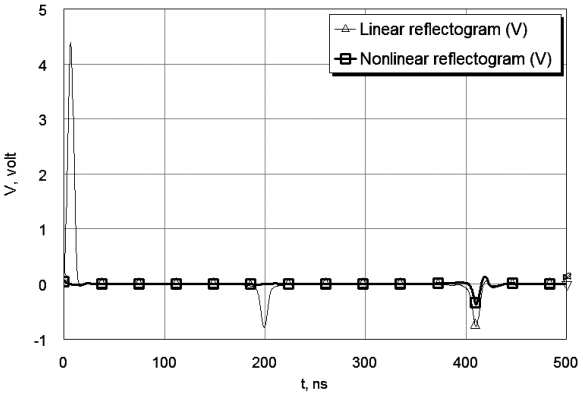


Рис. 2. Результаты тестирования линии передачи виртуальным нелинейным рефлектометром

Рис. 3. Результаты экспериментального тестирования линии передачи прибором Р4-И-01 (кривая *1* – линейная рефлектограмма; кривая *2* – нелинейная)

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Корпорация Agilent Technologies представила информацию, из которой следует, что адекватность моделей на основе *X*-параметров проверена на сигналах, близких к гармоническим, и только по отношению к форме отклика в целом [6]. Однако в ряде современных радиолокационных систем и систем со скоростными каналами передачи данных используются сигналы весьма далекие от гармонических. В частности, это сверхширокополосные сигналы, характеризующиеся показателем широкополосности $\mu \approx 1$. Этот показатель вычисляется по формуле [7]

$$\mu = 2 \cdot \frac{f_{\text{В}} - f_{\text{Н}}}{f_{\text{В}} + f_{\text{Н}}},$$

где $f_{\text{В}}$ и $f_{\text{Н}}$ – верхняя и нижняя частоты в спектре сигнала соответственно. Кроме того, анализ только отклика объекта в целом не позволяет сделать вывод о качестве моделирования нелинейных свойств объекта, если эти искажения малы (единицы-доли процента), но существенны с точки зрения качества функционирования системы.

Поэтому **целью работы** является диагностика качества нелинейных моделей на основе *X*-параметров под воздействием сигналов с расширенной полосой частот, в том числе селективно в отношении качества моделирования продуктов нелинейного преобразования сигналов.

Для достижения поставленной цели используется САПР *Advanced Design System*, в составе которой есть средства для работы с моделями на основе *X*-параметров. На данный момент реализован виртуальный импульсный нелинейный векторный анализатор цепей в САПР *Advanced Design System.* На следующем этапе, предполагается провести ряд вычислительных экспериментов, используя данный прибор, для диагностики качества моделей на основе *X*-параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов Э.В., Малютин Н.Д., Лощилов А.Г. Виртуальный нелинейный импульсный измеритель характеристик цепей для САПР Microwave Office // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрымиКо'2009): Матер. 19-й Междунар. Крымской конф., 2–12 сент. 2009 г. Севастополь: Вебер, 2009. Т. 1. С. 103–104.

2. *Семёнов Э.В.* Исследование нелинейности преобразования детерминированных сверхширокополосных сигналов путем линейного комбинирования откликов объекта на линейно зависимые тестовые сигналы // Известия Том. политех. ун-та. 2004. Т. 307, № 4. С. 18–21.

3. *Семенов Э.В., Семенов А.В.* Использование разности сверток тестовых сигналов и откликов объекта для исследования нелинейности преобразования сверхширокополосных сигналов // Радиотехника и электроника. 2007. Т. 52, №4. С. 480–485.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

4. *Лощилов А.Г., Семенов Э.В., Малютин Н.Д. и др.* Средства измерения характеристик нелинейности радиотехнических цепей при широкополосном импульсном воздействии // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрымиКо'2009): Матер. 19-й Междунар. Крымской конф., 2–12 сент. 2009 г. Севастополь: Вебер, 2009. Т. 2. С. 754–755.

5. *Verspecht J., Root D.E.* Polyharmonic Distortion Modeling // IEEE Microwave Magazine. 2006. Vol. 7, Issue 3. P. 44–57.

6. *Root D.E.* X-parameters: Commercial implementations of the latest technology enable mainstream applications // Microwave Journal: Expert Advice [Электронный ресурс]. Электрон. журн. 2009. URL: http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5990-4895EN.pdf (дата обращения: 18.02.2010).

7. *Астанин Л.Ю., Костылев А.А.* Основы сверхширокополосных радиолокационных измерений. М.: Радио и связь, 1989. 192 с.

АДАПТАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ*

А.А. Бомбизов, ассистент каф. КУДР, аспирант каф. ТОР
г. Томск, ТУСУР, Unclelab@gmail.com

Измерительные (инструментальные) усилители (ИУ) применяются в качестве предварительных усилителей слабых сигналов постоянного и переменного токов. Основная задача – это точность передачи входного сигнала от источника к последующей схеме преобразования.

В усилителях, предназначенных для измерения слабых величин постоянного тока (электрометрические усилители), первые каскады усиления расположены в выносном измерительном блоке, допускающем подключение непосредственно к источнику сигнала [1, 2].

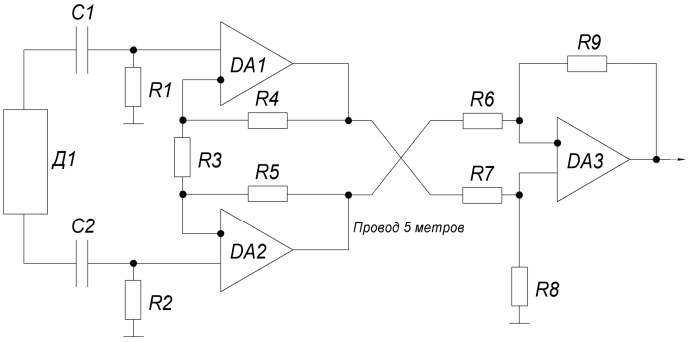


Рис. 1. Измерительный усилитель на трёх ОУ

* Выполнено в рамках проекта ГПО РЭТЭМ-0901.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 1 изображена классическая схема ИУ на трёх операционных усилителях (ОУ) для измерения сигналов малых амплитуд датчика Д1, удалённого от последующей схемы, осуществляющей преобразование. Основными преимуществами рассматриваемого инструментального усилителя перед дифференциальным являются высокоимпедансный вход и возможность регулировки усиления одним потенциометром R3.

Проведение измерений переносным прибором с выносным измерительным блоком может сопровождаться изменением диапазона амплитуд входного сигнала в связи со сменой объекта исследования. Исходя из этого, необходимо либо иметь сменные калиброванные первичные каскады, либо произвести переработку входного тракта с целью внедрения возможности управлением коэффициентом усиления (КУ). В свою очередь на дистанционные измерения могут оказывать влияние внешние помехи, возникающие от сети переменного тока, включения/выключения оборудования, от устройств излучающих в аналогичном диапазоне частот.

Управление КУ может быть организовано следующими способами:

1) Каскад с ручной регулировкой усиления. Такое исполнение требует непосредственного вмешательства для изменения КУ.

2) Использование логарифмического входного усилителя может охватывать весь амплитудный диапазон сигналов. При этом вмешательство для изменения КУ не требуется, но динамический диапазон измерительной системы будет ограничен.

3) Перестраиваемый по цифровому интерфейсу входной каскад позволяет осуществить автоматизированную удалённую регулировку усиления, но требует для управления внедрения в линию передачи цифрового сигнала, что в целом может понизить точность измерения.

В силу своих возможностей наиболее приемлем для поставленной задачи перестраиваемый по цифровому интерфейсу входной каскад, который в свою очередь может быть реализован следующими способами:

1) Использование перестраиваемых усилителей с интерфейсами TWI или SPI. Такой подход требует использования двух дополнительных цифровых линий.

2) Внедрение в схему (см. рис. 1) цифрового потенциометра управляемого по однопроводному интерфейсу 1-Wire, для регулировки коэффициента усиления [3].

Наряду со сформулированной задачей дистанционного управления КУ входного каскада, необходимо исключить наведенную на провод синфазную составляющую сигнала, которая поступает на оба входа второго каскада инструментального усилителя. Таким образом, по-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

мимо высокого значения коэффициента ослабления синфазной составляющей (КОСС) на постоянном токе, от операционного усилителя (см. рис. 1 – DA3) требуется обладать высоким КОСС на переменном токе, особенно на частоте сети и ее гармониках. КОСС на постоянном токе определяется в основном точностью резисторов. Напротив, на переменном токе КОСС определяется различиями в сдвиге фаз или временной задержке между инвертирующим и неинвертирующим входами. Этот параметр можно улучшить при использовании быстродействующих компонентов с хорошо совпадающими характеристиками или выполненных в интегральном исполнении. При работе с низкочастотным сигналом можно применить фильтрацию выходного сигнала, если необходимо. Так как на постоянном токе КОСС может быть отрегулирован путем калибровки и подстройки, основное значение имеет КОСС на переменном токе, из-за которого точность измерений может значительно уменьшиться [4].

В рассматриваемом инструментальном усилителе (см. рис. 1) ослабление наведенной на провод синфазной составляющей выполняет второй каскад, выполненный на одном ОУ DA3. В силу отсутствия необходимости калибровки (таблица) высокой стабильности КОСС [5] целесообразно использовать второй каскад в интегральном исполнении.

Сравнение способов улучшения КОСС

Варианты улучшения КОСС	Достоинства	Недостатки
Исполнение второго каскада при помощи дискретных компонентов с аналоговой подстройкой	Возможность модификации схемы с целью изменения коэффициента усиления	Сложность подбора одинаковых по параметрам и низкой температурной зависимостью высокоомных резисторов
Интегральное исполнение второго каскада	Прецизионное исполнение резисторов на одном кристалле с ОУ	Фиксированный КУ

На основании проведенного анализа сформирована схема (рис. 2) адаптивного инструментального усилителя для проведения измерений различных объектов исследования. Здесь коэффициент усиления регулируется при помощи цифрового потенциометра DD1, управляемого по интерфейсу 1-Wire. Цифровой сигнал для увеличения помехоустойчивости при передаче на расстояние предварительно преобразуется в дифференциальный, а обратное преобразование выполняет компаратор DA3 с высокоимпедансным входом. В целях гальванической развязки источник управляющего дифференциального сигнала может быть отключен от линии передачи при помощи реле K1.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

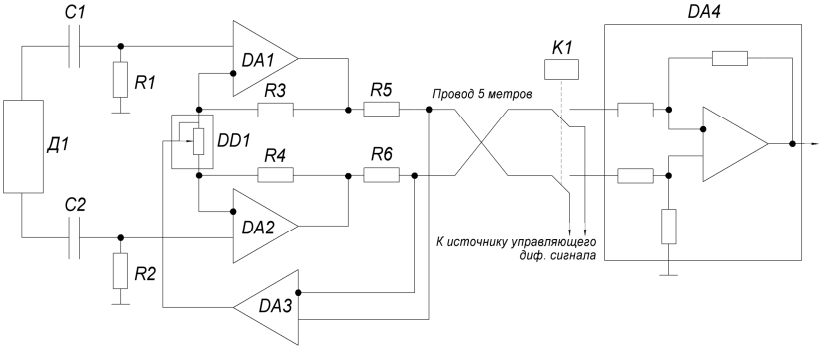


Рис. 2. Реализация адаптивного инструментального усилителя

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пейтон А.Дж., Волш В.* Аналоговая электроника на операционных усилителях. М.: БИНОМ, 1994. 352 с.

2. *Достал И.* Операционные усилители: Пер. с англ. М.: Мир, 1982. 512 с.

3. DS2890 – 1-Wire Digital Potentiometer.

4. *Скот Вейн.* Измерение малого дифференциального сигнала при наличии большого синфазн

5. ого напряжения. Analog Dialogue, 2000.

6. AD8271 – Precision Difference Amplifier.

АЛГОРИТМЫ АВТОКАЛИБРОВКИ МИКРОВОЛНОВЫХ РАДИОМЕТРОВ*

А.О. Чудинов, Е.И. Розина, студенты 3-го курса РТФ каф. ТУ;
А.В. Филатов, проф. каф. ТОР
г. Томск, ТУСУР, rozlena@yandex.ru

Сегодня к основным областям использования микроволновой радиометрии, кроме традиционной – радиоастрономии, относятся дистанционное исследование Земли, различных природных сред (приоритетное направление космических исследований), медицинская термография (раннее определение воспалительных процессов, опухолей, заболеваний, связанных с локальным повышением температуры внутри биологических тканей). В настоящий момент методы микроволновой радиометрии начинают широко применяться в промышленных

* Выполнено в рамках проекта ГПО ТОР – 0907.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

целях. Исследуются возможности определения в металлургии температуры расплавленного металла сквозь кладку печи; в методах дистанционного неразрушающего контроля – внутренних раковин, полостей, трещин в непроводящих и полупроводящих телах; в лесной промышленности – отбраковка лесоматериалов и т.д.

Вышеописанные исследования и измерения выдвигают требования оперативной перестройки диапазонов измерения радиометрических систем для различных применений, изменения динамических характеристик, флуктуационной чувствительности. Обеспечение требований высокого уровня многофункциональности и универсальности решаемых задач в условиях отсутствия априорных сведений о зондируемых средах, решение вопросов адаптации возможно в случае использования цифровых систем пассивной локации. Оптимизация выполняется по времени измерения, расчету количества значимых разрядов цифрового кода, коррекции частоты импульсной модуляции, чувствительности. Данным действиям предшествует необходимая операция калибровки системы, в ходе которой радиометр настраивается на заданный диапазон измерений.

В данной работе описана схема двухканальной радиометрической системы [1], структура которой (рис. 1) позволяет производить измерения сигналов в различных диапазонах измерения после проведения калибровки.

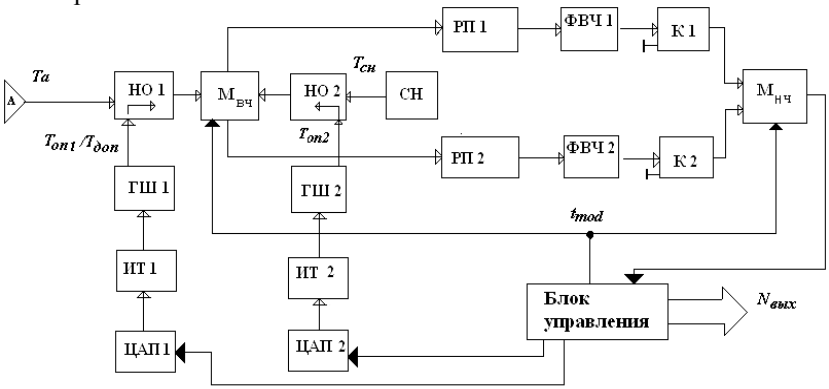


Рис. 1. Структурная схема двухканального радиометра

В ходе калибровки система не только автоматически настраивается на требуемый диапазон измерений, но и определяет свою чувствительность для конкретной антенной системы, количество значимых разрядов выходного цифрового кода и связанную с этим разрешающую способность измерений. В радиометре реализована модификация

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

метода нулевого приема [2], в результате применения которой минимизируются влияния на точность измерений изменения коэффициента усиления измерительного тракта и его собственных шумов.

На рис. 1 измерительная система включает два радиометрических приемника РП1 и РП2, выходные сигналы которых поступают на соответствующие фильтры высоких частот ФВЧ1, ФВЧ2 и компараторы К1, К2, работающие в режиме нуль-органов. Параллельная работа каналов обеспечивается за счет синхронной работы высокочастотного $М_{вч}$ (2×2) и низкочастотного $М_{нч}$ (2×1) импульсных модуляторов по сигналу управления $t_{мод}$ (меандр) блока управления. На один вход $М_{вч}$ поступает сигнал $T_а$ с антенны А через первый направленный ответвитель НО1. Через второй НО2 на второй вход $М_{вч}$ поступает сигнал $T_{сн}$ согласованной нагрузки СН. Для подачи в антенный тракт двух шумовых опорных сигналов $T_{оп1}$ (определяет верхнюю границу диапазона измерения, управляется сигналом $t_{мод}$) и $T_{доп}$ (управляется широтным сигналом, обеспечивает реализацию нулевого метода измерений) используется первый канал цифрового подшумливания, состоящий из управляемого генератора шума ГШ1 и источника тока ИТ1. Мощность ГШ1 зависит от величины тока ИТ1, протекающего через активную зону генератора. Второй канал подшумливания использует ГШ2 и ИТ2. Изменением тока ИТ2 регулируется опорный сигнал $T_{оп2}$ в процессе калибровки (так же, как и $T_{оп1}$, определяет верхнюю границу диапазона измерений).

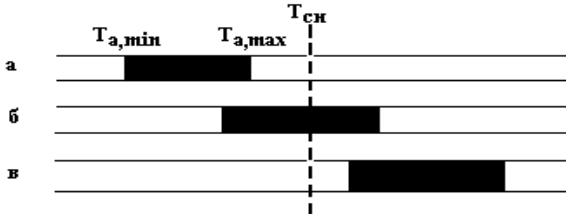


Рис. 2. Диапазоны измерений

Варианты диапазонов измерения приведены на рис. 2. Алгоритмы калибровки радиометрической системы определяются сигналом $T_{сн}$ и включают два этапа. На первом этапе на вход радиометрической системы подключается эталон $T_{а,макс}$, определяющий верхнюю границу. В зависимости от соотношения сигналов $T_{а,макс}$ и $T_{сн}$ автоматически производится регулировка верхней границы диапазона настройкой сигналов $T_{оп1}$, $T_{оп2}$. Если $T_{а,макс}<T_{сн}$ (рис. 2, *а*), регулируется $T_{оп1}$, в другом случае (рис. 2, *б*, *в*) – $T_{оп2}$. Регулировка выполняется с применением цифроаналоговых преобразователей ЦАП1 и ЦАП2, выходные сигналы которых управляют источниками тока. На втором этапе, подключе-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

нием на вход $T_{а,мин}$ производится настройка нижней границы диапазона. Данная граница регулируется изменением сигнала $T_{доп}$ для всех трех вариантов на рис. 2. Регулировки на первом и втором этапах выполняются до исчезновения сигналов модуляции на входах компараторов К1, К2 и производятся параллельно для первого и второго каналов. В ходе дальнейшей работы в режиме измерений амплитудная и широтная импульсные модуляции в радиометре осуществляются занесением полученных в ходе калибровки кодов в ЦАП.

Для подтверждения математических выкладок нами было выполнено структурное моделирование двухканальной радиометрической измерительной системы с использованием схем замещения высокочастотных узлов низкочастотными. С применением схемы микроконтроллера ATmega 16 была реализована программа калибровки в полуавтоматическом режиме. По последовательному каналу SPI цифровые коды передавались на 14-разрядные цифроаналоговые преобразователи, выполненные на микросхемах AD5551. Экспериментальные исследования подтвердили результаты моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Филатов А.В. Сербинов О.А., Убайчин А.В.* Положительное решение по заявке №2008148402/09 на выдачу патента РФ от 14.01.2010 г. Двухканальный нулевой радиометр. Приоритет от 08.12.2008 г.

2. *Филатов А.В., Винокуров В.М., Мисюнас А.О.* Двухканальный радиометр с нулевым методом измерений // Приборы и техника эксперимента. 2009. №1. С. 90-95.

УСТРОЙСТВО ПОДСЧЕТА ПОСЕТИТЕЛЕЙ С ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ ПО GPRS-КАНАЛУ НА ЦЕНТРАЛЬНЫЙ СЕРВЕР

Т.В. Иванова, А.С. Ковырев, М.Н. Кольчурин;
А.Ф. Пустовойт, доцент, проектная группа РЭТЭМ-0911
г. Томск, ТУСУР, GPO-0911@sibmail.com

Подсчет посетителей на торговых площадках необходим для вычисления доли покупателей среди общего числа посетителей магазина. Это очень важный показатель, реально демонстрирующий эффективность работы магазина. Многие профессионалы в торговых центрах полагаются на статистику посетителей, чтобы оценить эффект от маркетинговых мероприятий [1].

В настоящее время существует довольно большое количество разнообразных счетчиков посетителей, отличающихся типом датчика, принципом регистрации посетителя и способом хранения данных.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Доминируют на рынке счетчики с инфракрасными датчиками в силу своей дешевизны и простоты установки. Используют одну или несколько пар инфракрасных лучей. Направление движения посетителя определяется последовательностью пересечения пар лучей. Инфракрасные системы бывают горизонтальные и вертикальные. Горизонтальные системы (рис. 1, *а*) имеют наименьшие размеры, по сравнению с вертикальными (рис. 1, *б*). Установка вертикальных систем более проста. По способу хранения и передачи данных счетчики делятся на авто-номные, с программным обеспечением и смешанные. В отличие от этих систем, в нашей системе используется GPRS-модуль, который передает данные через определенные промежутки времени на центральный сервер. Таким образом, не требуется установка ПК вместе с установкой счетчика, а также упрощается сбор данных.

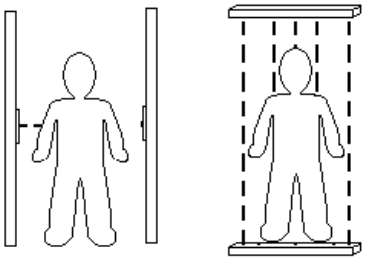


Рис. 1. Системы: *а* – горизональная; *б* – вертикальная

Горизонтальные инфракрасные счетчики делятся по количеству передатчиков на однонаправленные и двунаправленные. Однонаправленные счетчики состоят из одного передатчика и одного приемника. Такие счетчики не определяют направления движения человека. Они регистрируют только факт прохода. Число вошедших и вышедших людей определяется делением суммы всех прерываний луча на два. Точность уменьшается за счет возможности прохождения двоих человек сразу, блокирования счетчика остановившимися посетителями, сотрудниками или предметами. Погрешность подсчета у таких датчиков может быть более 70% [2].

Двунаправленные счетчики, в свою очередь, делятся на так называемые «трехглазые» и «четырехглазые», соответственно с одним передатчиком и двумя приемниками и двумя передатчиками и двумя приемниками. Такие системы определяют направление движения человека. Точность у «четырехглазых» систем не менее 90% в узких проходах (1,5–2 м) [3]. К особенностям «трехглазых» сенсоров стоит отнести то, что в случае их применения во входных группах шириной около 2 м и более не исключено возникновение эффекта пропуска по-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

сетителей, пересекающих лучи счетчика ближе к передатчику. Недостатком «четырехглазых» сенсоров является использование двух строго параллельных лучей [1]. Установка таких датчиков проблематична: нужно устанавливать их строго напротив друг друга, так как использовать расходящийся луч нельзя из-за возможности попадания его на оба приемника одновременно. В нашей системе эта проблема решается просто: лучи направлены навстречу друг другу, т.е. на каждой из частей системы расположен один приемник и один передатчик. Планируется обеспечение точности не менее 90% в проходах шириной не более 2 м. На начальном этапе части изделия будут со-единяться проводом для обмена данными, в дальнейшем возможно использование дополнительного инфракрасного или иного информационного канала.

На рис. 2 представлена структурная схема устройства.

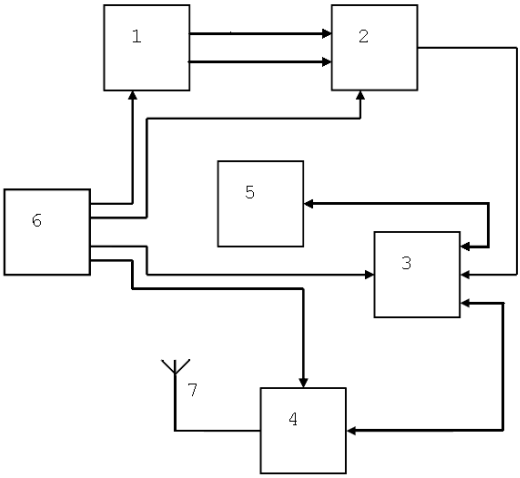


Рис. 2. Структурная схема устройства: *1* – передатчик инфракрасного сигнала; *2* – приемник инфракрасного сигнала; *3* – блок обработки информации; *4* – приемопередатчик GSM-сигнала; *5* – энергонезависимая память; *6* – блок питания; *7* – антенна

Детектированные информационные сигналы, передающиеся с приемника инфракрасного излучения, поступают в блок обработки информации. После обработки сигнала формируется база о количестве посетителей, которая сохраняется в энергонезависимую память. По истечении определенных промежутков времени через GSM-модуль происходит передача информации о количестве посетителей за определенное время на сервер. На сервере происходит статистическая обработка данных о количестве посетителей и времени их посещения.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Технические характеристики изделия

Рабочий диапазон частот	Инфракрасный
Напряжение питания	4,5 В
Температурный режим	От 0 до +40 °С
Время хранения информации, при отсутствии питания	Не менее 24 ч
Точность измерений	Не менее 90% (при ширине прохода не более 2 м)
Объем энергонезависимой памяти	Не менее 2 Мб

Проект находится в стадии разработки макета устройства. Технические характеристики изделия представлены в таблице.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Система* подсчёта посетителей//wikipedia.ru: электронная энциклопдия, 2007. Дата обновления: 7.03.2010. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/ Система_подсчёта_посетителей. (дата обращения: 10.03.2010).

2. *Арифметика* покупательных потоков//watcom.ru:официальный сайт компании Ватком, г. Москва. URL: http://www.watcom.ru/index.php?section=79 (дата обращения: 12.03.2010).

3. *Настенный* ИК-датчик//fardis.ru: официальный сайт компании Фардис. URL: http://www.fardis.ru/about/?action=shwprd&id=183 (дата обращения: 12.03.2010).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ PNVNA-1500

С.П. Караульных, студент 3-го курса, техник;
А.Г. Лощилов, к.т.н, м.н.с.
г. Томск, ТУСУР, СКБ «Смена», KS0289@sibmail.com

В ходе работ по проекту «Нелинейный импульсный анализатор цепей» в рамках группового проектного обучения (РЭТЭМ–0906) была поставлена задача разработки панели управления для измерительного прибора PNVNA-1500. Панель управления является составной частью передней панели прибора и предназначена для выбора режима измерений, управления процессом измерений и отображения измеренных характеристик цепей.

Функциональным прототипом панели управления являлось программное обеспечение для проведения измерений характеристик цепей при широкополосном импульсном воздействии ImpulseM v.3. Главное окно программного обеспечения содержит область отображения результатов измерений и органы управления. Органы управления реали-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

зованы в виде вертикального меню (расположено справа) и элементов панели управления (в нижней части окна).

Внешний вид интерфейса программного обеспечения приведен на рис. 1.

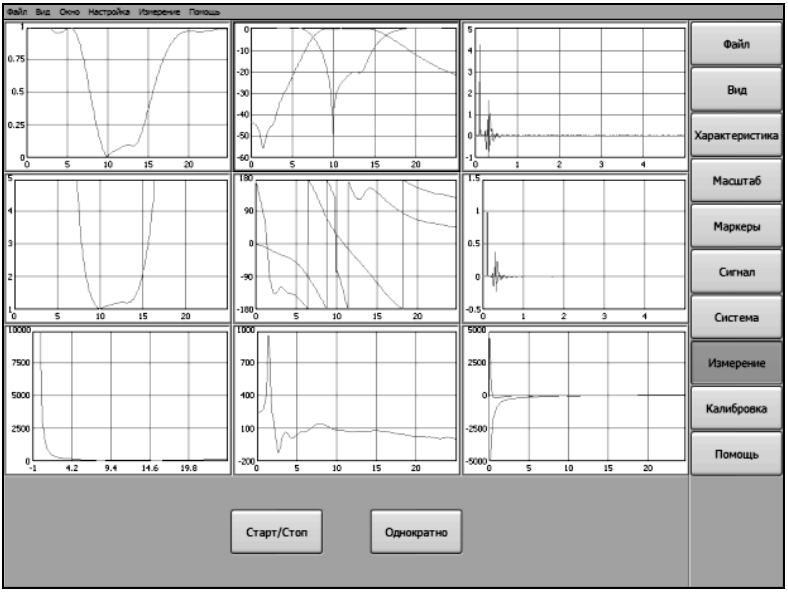


Рис. 1. Внешний вид интерфейса программного обеспечения

В задачу проектирования входила разработка панели управления прибором, содержащей «реальные» органы управления (кнопки, поворотные регуляторы и т.п.), функционально дублирующей программные элементы управления.

На основе существующего интерфейса программного обеспечения (см. рис. 1) была проведена компоновка органов управления прибора [1]. Элементы вертикального меню были продублированы в виде области меню, расположенной в центре панели управления. Кнопки запуска и остановки измерений расположены в нижней части панели управления. Результат компоновки приведен на рис. 2.

Панель управления содержит дополнительные органы управления, отсутствующие на главной форме программного обеспечения прибора, такие как: кнопка отображения/скрытия вертикального меню (в верхнем левой части панели управления); кнопка вызова виртуальной клавиатуры; кнопка активации/деактивации сенсорного экрана; кнопка звукового сопровождения нажатия на сенсорный экран; органы

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

навигации; органы управления масштабом и смещением, выполненные в виде ручек плавной регулировки с возможностью нажатия.

Было проведено трехмерное моделирование панели управления в среде SolidWorks 2010 [2]. Графический дизайн разработан в среде CorelDRAW X4 [3]. Внешний вид модели представлен на рис. 3.

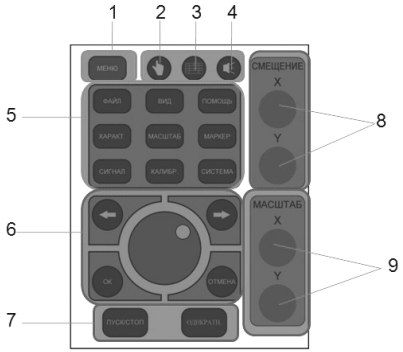


Рис. 2. Органы управления: *1* – кнопка меню; *2* – кнопка активации и деактивации сенсорного экрана; *3* – кнопка вызова виртуальной клавиатуры; *4* – кнопка включения и отключения звукового сопровождения; *5* – область меню; *6* – органы навигации и ручка плавной регулировки; *7* – кнопки запуска и остановки измерения; *8* – ручки регулировки смещения; *9* – ручки регулировки масштаба

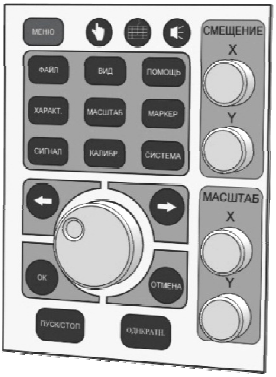


Рис. 3. Панель управления

В ходе работ по проекту разработаны полная модель панели управления, дизайн и техническое задание для изготовления пленочной клавиатуры. Начато проектирование печатного узла обработки информации, поступающей с органов управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ненашев А.П.* Конструирование радиоэлектронных средств. М: Высшая школа, 1990. 432 с.

2. *Дударева Н., Загайко С.* SolidWorks 2007 БХВ-Петербург 2007, 1328 с.

3. *Владин М.М., Черников С.В., Комягин В.Б., Пташинский В.С.* CorelDRAW X4 с нуля. М.: Лучшие книги, 238 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ НЕЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ

И.О. Хисамиев, студент 3-го курса РКФ, техник;
А.Г. Лощилов, к.т.н., м.н.с.
г. Томск, ТУСУР, СКБ «Смена», as0512@sibmail.com

В статье рассмотрены вопросы проектирования нестандартных деталей шасси прибора нелинейный импульсный анализатор цепей.

В ходе работ по проекту «Нелинейный импульсный анализатор цепей», выполняемого в рамках группового проектного обучения (РЭТЭМ–0906), была поставлена задача разработки конструкции базового блока измерительного прибора. Прибор предназначен для измерения характеристик цепей в режиме сверхширокополосного импульсного воздействия.

Прибор представляет собой специализированный промышленный компьютер, содержащий сменные измерительные блоки. Конфигурация измерительных блоков и программное обеспечение определяют его метрологические характеристики. Блок обработки выполнен на основе материнской платы формата miniITX и высокопроизводительного вычислительного процессора. Блоки измерения предназначены для генерации тестовых сигналов, регистрации откликов объекта измерения, предварительной обработки и передачи информации на вычислительную платформу. Прибор содержит органы управления и экран для отображения результатов измерений.

Компоновка шасси измерительного прибора приведена на рис. 1.

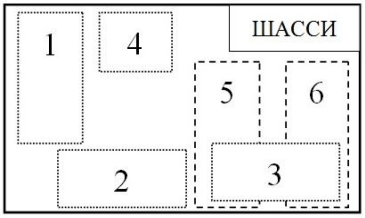


Рис. 1. Компоновка шасси измерительного прибора: *1* – блок обработки и хранения; *2* – блок индикации; *3* – блок управления; *4* – блок питания; *5* – измерительный блок *1*; *6* – измерительный блок *2*

В качестве базовой конструкции шасси прибора был выбран корпус и элементы комбинированного монтажа производства фирмы Schroff из серии propacPRO. На основе моделей деталей, приведенных на сайте производителя [1 – 5], была получена промежуточная модель шасси в среде моделирования SolidWorks2010 [6–7]. Внешний вид корпуса приведен на рис. 2.

На втором этапе работ проводилось моделирование нестандартных деталей: передней и задней панели прибора; несущей конструкции

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

для установки материнской платы и жесткого диска; а также элементов крепежа.

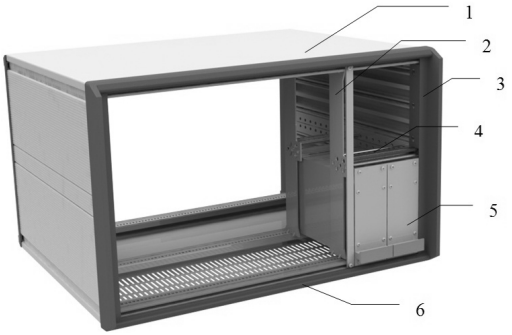


Рис. 2. Внешний вид корпуса: *1* – корпус; *2* – распорка; *3* – боковая накладка; *4* – горизонтальный рельс; *5* – вставной блок; *6* – элемент декоративного монтажа

Пример компоновки лицевой панели прибора приведен на рис. 3.

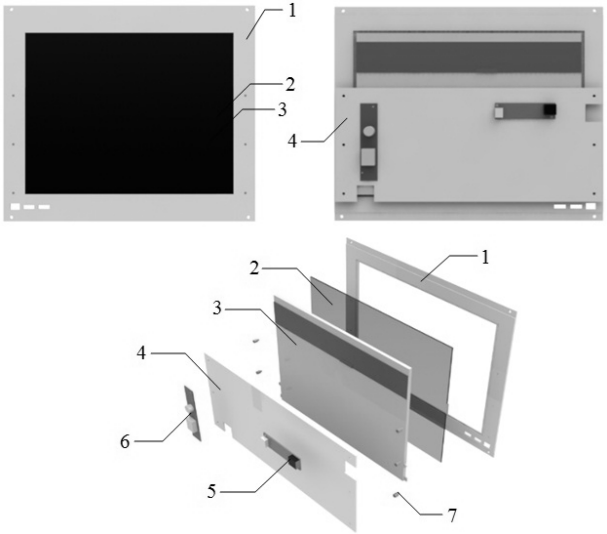


Рис. 3. Лицевая панель в сборке

На передней панели (поз. *1*) устанавливаются:
- сенсорная панель (поз. *2*),
- жидкокристаллический дисплей (поз. *3*),
- держатель экрана (поз. *4*);
- плата обработки нажатий на сенсорной панели (поз. *5*);

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

− преобразователь напряжения для питания лампы подсветки жидкокристаллического дисплея (поз. *6*)

− крепежные стойки (поз. *7*).

В результате проектирования была разработана полная модель шасси прибора, включающая как стандартные, так и нестандартные детали. Внешний вид модели прибора приведен на рис. 4.

Рис. 4. Внешний вид модели прибора

В ходе работ были спроектированы нестандартные детали анализатора: передняя и задняя панель, несущие конструкции, элементы крепежа. Проведено трехмерное моделирование конструкции прибора в целом. Начата разработка комплекта конструкторской документации для изготовления нестандартных деталей прибора.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Официальный* русскоязычный сайт фирмы Schroff. URL: http://www.schroff.ru/ (дата обращения 12.03.2010).

2. *Техническая* информация и руководство по эксплуатации корпуса propacPRO. URL: http://web.schroff.de/webcat/subgroup/mi/ 64576-101.pdf (дата обращения 20.09.2009).

3. *Техническая* информация об элементах комбинированного монтажа: рельс. URL: http://web.schroff.de/webcat/subgroup/cad/24562 420.zip (дата обращения 20.09.2009).

4. *Техническая* информация и руководство по эксплуатации вставного блока. URL: http://web.schroff.de/webcat/subgroup/mi/64812-110.pdf (дата обращения 20.09.2009).

5. *Техническая* информация об элементах комбинированного монтажа: распорка. URL: http://web.schroff.de/webcat/subgroup/3dpdf/64560010.pdf (дата обращения 20.09.2009).

6. *Официальный* русскоязычный сайт SolidWorks. URL: http://www.solidworks.ru/ (дата обращения 12.08.2009).

7. *Обучающие* уроки по SolidWorks. URL: http://www.swlesson-mpl.ru/ (дата обращения 10.03.2010).

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

РАЗРАБОТКА ОСНОВНОГО ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ*

Р.Р. Маньянов, студент 4-го курса;
А.Г. Лощилов, к.т.н., м.н.с. СКБ «Смена»
г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, ruslan-maniak@sibmail.com

В рамках группового проектного обучения была поставлена задача разработки программного обеспечения (ПО) для проведения измерений характеристик цепей в режиме сверхширокополосного импульсного воздействия [1]. Разрабатываемое программное обеспечение устанавливается на управляющий компьютер измерительного прибора. В функции программного обеспечения входит: управление параметрами тестового воздействия и регистрацией откликов измеряемого объекта; расчет семейства частотных и временных характеристик объекта; графическое отображение результатов измерений.

На настоящем этапе работы решалась задача разработки программного компонента для отображения результатов измерений. Прототипом разрабатываемого ПО является программа ИмпульсМ v. 2.1 для векторного импульсного измерителя характеристик цепей Р4-И-01 [2]. Отличие состоит в том, что программа ИмпульсМ v. 2.1 осуществляет управление прибором-приставкой, подключенным к персональному компьютеру, а разрабатываемое программное обеспечение устанавливается непосредственно на измерительный прибор, содержащий органы управления и отображения результатов измерений [3].

Задача, поставленная на данном этапе проекта, состояла в следующем:

1) разработка определённой концепции интерфейса, рассчитанного на разрешение 1024x768;

2) разработка программных органов управления с достаточной эргономикой;

3) генерация и последующий выбор оптимальных схем расположения графиков.

В результате работы по проекту была разработана основная концепция интерфейса, внешний вид которой изображен на рис. 1. Большую часть окна занимают графики характеристик. Над окном графиков расположена панель задач. Справа от окна графиков находится панель управления, дублирующая основные функции панели задач и предназначенная для доступа к данным функциям посредством сенсорного дисплея. В низу экрана располагается контекстная панель ин-

* Выполнено в рамках проекта ГПО РЭТЭМ – 0908.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

струментов, на которой отображаются программные органы управления в соответствии с выбранной функцией.

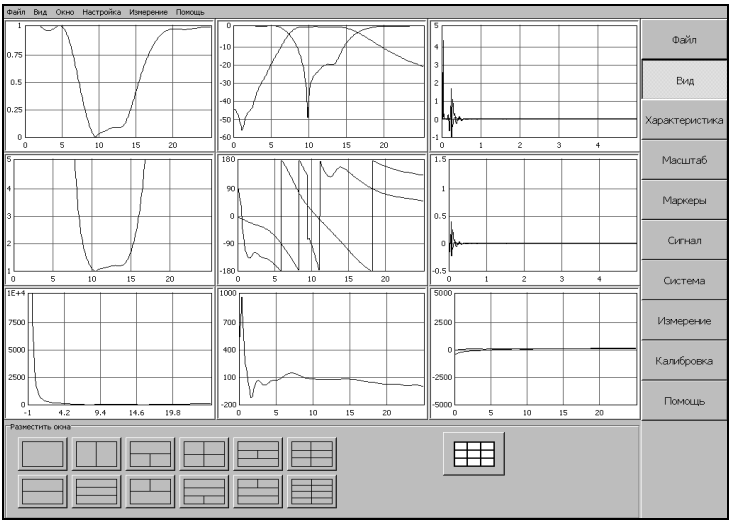


Рис. 1. Интерфейс прототипа программного обеспечения

Были реализованы программные органы управления для настройки вида отображаемых графиков. Основа настройки вида заключается в предложении пользователю уже готовых схем расположения графиков характеристик. Пользователь выбирает нужные ему для работы графики. В зависимости от количества выбранных графиков становятся доступными и подсвечиваются кнопки, активирующие схемы расположения графиков характеристик. По нажатии на одну из этих кнопок основное окно принимает вид, соответствующий выбранной схеме. Также на панели находится постоянно активная кнопка перехода к расположению всех графиков по умолчанию. Реализовано изменение порядка расположения графиков на текущей схеме (выбрав два графика, пользователь может поменять их местами).

В результате проектирования были выбраны оптимальные схемы расположения графиков. Вид контекстной панели инструментов для управления графиками приведен на рис. 2.

Сложность заключалась в том, что вариаций расположения от одного до девяти графиков слишком много, чтобы реализовать их все (при этом в основном рассматривались схемы, имеющие вертикальную или горизонтальную симметрию). Было сгенерировано порядка пятидесяти схем. При выборе оптимального числа схем, необходимых для удобной работы пользователя, было решено остановиться на двенадцати схемах (см. рис. 2).

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

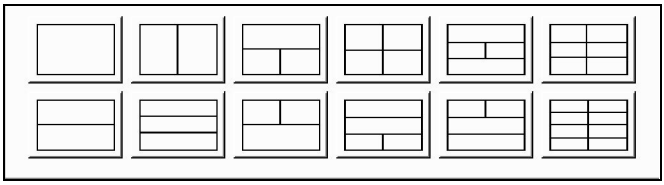


Рис. 2. Контекстная панель инструментов для управления графиками

Дальнейшая работа по проекту состоит в адаптации разработанного интерфейса к подпрограммам обработки результатов измерений программного обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лощилов А.Г., Семенов Э.В., Малютин Н.Д. и др.* Средства измерения характеристик нелинейности радиотехнических цепей при широкополосном импульсном воздействии // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрымиКо'2009): Матер. 19-й Междунар. Крымской конф., 2–12 сент. 2009 г. Севастополь: Вебер, 2009. Т. 2. С. 754–755.

2. *Векторный* импульсный измеритель цепей Р4-И-01. Руководство по эксплуатации. Томск, 2006. 65 с. Режим доступа: http//www.impulsem.ru/ru/r4-i-01.html

3. *Анализ* требований, предъявляемых к функциональным характеристикам нелинейного импульсного анализатора цепей. Разработка структурной схемы: Отчет о НИОКР (промежуточный) / ООО «НПФ Сибтроника». Томск, 2009. 18 с.

СКВОЗНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В УСЛОВИЯХ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ*

В.И. Туев, зав. каф. РЭТЭМ; А.Г. Голубев, Е.Л. Маркин, П.С. Саранцев, А.В. Тимохин – студенты 4-го курса РКФ

г. Томск, ТУСУР, evgen-sbk.88@mail.ru

Проект относится к области технологии производства радиоэлектронных средств и, в частности, к изготовлению прототипов печатных плат и печатных узлов.

Стандартная последовательность операций при производстве печатных плат известна и включает в себя [1]:

1) разработку схемы электрической принципиальной устройства;

2) выбор элементной базы;

3) составление конструкторской и технологической документации;

* Выполнено в рамках проекта ГПО РЭТЭМ-0909-Лабораторная установка поверхностного монтажа.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

4) изготовление печатной платы, включая, химическое травление и металлизацию отверстий;

5) монтаж элементов;

6) контроль качества электрических соединений.

В условиях единичного производства нерационально использовать технологию, основанную на химическом травлении, поскольку это длительный (до нескольких часов) и трудоемкий процесс (для контроля используется несколько параметров), использующий вредные для здоровья и окружающей среды вещества (используются токсичные вещества, например серная кислота) [1].

Также известно, что существует технология, основанная на фрезеровке (формирование рисунка осуществляется механической фрезеровкой и сверлением) и химико-гальванической металлизации переходных и монтажных отверстий. Преимуществами данной технологии являются меньшая продолжительность процессов, меньший объем используемых химических растворов.

Целью проекта являются разработка и внедрение сквозного технологического процесса производства прототипов печатных плат и печатных узлов, в условиях учебной лаборатории кафедры РЭТЭМ, с использованием фрезерной технологии на базе имеющегося оборудования. Под сквозным процессом понимается изготовление печатного узла (платы) от стадии разработки топологии до получения готового изделия.

Данная технология осуществлена с применением следующего оборудования:

1) сверлильно-фрезерные станки LPKF ProtoMat S100 и H100;

2) гальваническая система LPKF MiniContac RS;

3) системы для установки компонентов на печатную плату APS Gold Place L40 и Dima FP500;

4) инфракрасная конвекционная печь АПИК 1.0;

5) паяльная станция JBC AM6800.

Имеющееся технологическое оборудование позволяет в условиях учебной лаборатории изготавливать односторонние и двусторонние печатные платы.

Последовательность использования вышеперечисленного оборудования в технологическом процессе:

1) фрезерование рисунка печатных плат, сверление монтажных отверстий с помощью LPKF ProtoMat S100 и H100 [2,3];

2) подготовка переходных отверстий к металлизации, путем нанесения в отверстия токопроводящей пасты с помощью AutoContac, металлизация контактных площадок и переходных отверстий при помощи гальванической системы LPKF MiniConac RS [5];

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

3) нанесение паяльной пасты и установка компонентов на печатную плату при помощи APS GoldPlace L40 и Dima FP500 [4,8];

4) пайка при помощи инфракрасной конвекционной печи АПИК 1.0 [6];

5) исправление дефектов пайки, монтаж/демонтаж электрорадиоэлементов при помощи паяльной станции JBC AM6800 [7].

Осуществление сквозного технологического процесса возможно при условии использования дополнительного оборудования для металлизации переходных отверстий AutoContac, которого нет в наличии.

Таким образом, на базе имеющегося оборудования разработан сквозной технологический процесс производства прототипов печатных плат и сборочных единиц с использованием фрезерной технологии и в условиях одной лаборатории.

Дополнительно на базе данного оборудования может разрабатывается комплекс лабораторных работ по технологии изготовления печатных плат в рамках дисциплины «Технология радиоэлектронных средств».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Медведев А.М.* Технология производства печатных плат. М.: Техносфера, 2005. 648 с.
2. *Руководство* по эксплуатации LPKF ProtoMat H100. 146. с.
3. *Руководство* по эксплуатации LPKF ProtoMat S100. 146. с.
4. *Руководство* по эксплуатации APS GoldPlace L40. 48 с.
5. *Руководство* по эксплуатации LPKF MiniContac RS.182 с.
6. *Руководство* по эксплуатации АПИК 1.0. 15 с.
7. *Руководство* по эксплуатации JBC AM 6800. 10 с.
8. *Руководство* по эксплуатации Dima FP500. 48 с.

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ИНФРАКРАСНОЙ САУНЫ-КАБИНЫ*

А.Ф. Пустовойт, доцент;
Ю.Г. Матюшина, И.А. Ковальчук, студентки 4-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. РЭТЭМ, irina_kovalchuk@inbox.ru, chernyaeva_88@list.ru

Работа инфракрасных саун основана на способности инфракрасного излучения нагревать организм человека. Инфракрасное излучение или тепловое излучение – это вид распространения тепла. Это то же

* Выполнено в рамках проекта ГПО РЭТЭМ-0910 – Разработка блока питания и у правления инфракрасной кабины-сауны.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

самое тепло, которое Вы чувствуете от горячей печки или от батареи центрального отопления. Инфракрасные сауны в наибольшей степени приспособлены для современной жизни. Инфракрасные сауны – это оздоровительные устройства [1].

Инфракрасная сауна представляет собой кабину, изготовленную из натурального дерева. Внутри кабины размещена лавка, на которой сидит человек. Для создания поля инфракрасной энергии внутри кабины установлены тыловые, угловые (фронтальные) и ножные (под лавкой) инфракрасные излучатели (нагреватели). Эти нагреватели генерируют тепло в невидимом диапазоне излучения. Таким образом, до 90% энергии, генерируемой излучателями, поступает непосредственно в тело человека, минуя нагрев воздуха. Этим и объясняется невысокая температура в инфракрасной сауне (максимум 45°С). Кроме того, такие нагреватели не сжигают кислород в сауне.

Инфракрасные сауны оборудуются системами управления, которые играют большую роль, потому что собственно и определяют эксплуатационные характеристики самой сауны-кабины. Чувствительность кожи к инфракрасному излучению у разных людей различна. Например, кожа женщин и детей более чувствительна к ИК-излучению, чем мужчин [2]. Поэтому мощность нагревателей подбирается таким образом, чтобы женщины и дети не испытывали дискомфорта. Но для мужчин такая мощность недостаточна – в такой сауне они не прогреваются полностью, а следовательно не получают необходимого оздоровительного эффекта. В настоящее время на рынке представлены системы управления, построенные по двум принципам: с регулированием температуры и с регулированием мощности [1].

Система управления с регулированием мощности. Эта система управления построена на принципе регулирования мощности инфракрасных нагревателей. Задав нужную мощность, мы получаем постоянный поток инфракрасной энергии. Инфракрасные нагреватели не отключаются, а работают постоянно. Эта система построена из отдельных модулей: внешний пульт управления инфракрасной сауной, блок регулирования мощности, который подключает нагреватели к сети и обеспечивает регулирование мощности и внутренний пульт управления.

Система управления с регулированием температуры. Это наиболее простой вариант системы управления. При включении сауны, когда температура воздуха достигает заданной, термоэлемент отключает нагревательные элементы от сети, в результате нагреватели перестают генерировать инфракрасную энергию. Когда же температура воздуха внутри кабины понизится, термоэлемент снова включает нагревательные элементы.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

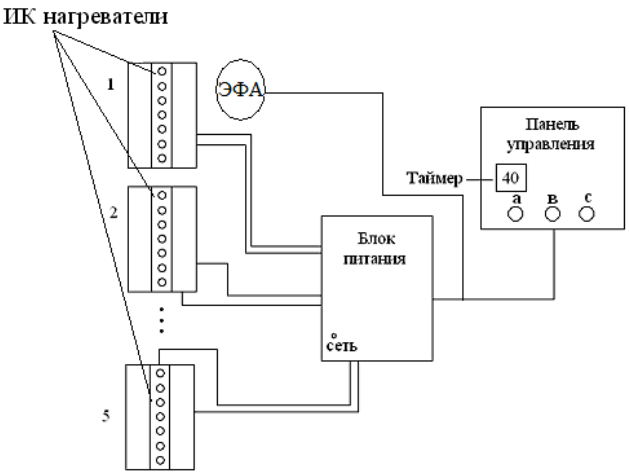


Рис. 1. Функциональная схема инфракрасной сауны: *1*, *2* … *5* – светодиодные матрицы; кнопка *а* – включение инфракрасных нагревателей (3 режима: минимальный 35 ºС, средний 40 ºС, максимальный 45 ºС); кнопка *в* – включение светодиодных матриц красного света; кнопка *с* – включение ультразвукового распылителя эфирных масел

Был осуществлен обзор существующих ИК-саун на рынке, разработана функциональная схема инфракрасной сауны. Отличием от существующих инфракрасных саун является введение светодиодных излучателей красного диапазона (рис. 1, позиция *1*, *2* … *5*), обладающих терапевтическим, лечебным действием [3]. Также было введено устройство ЭФА – ультразвуковой распылитель эфирных масел (рис. 1), который способствует оздоровлению человека как посредством прямого воздействия на организм, так и с помощью санации воздуха в помещениях природными лекарственными препаратами [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Инфракрасные* сауны [Электронный ресурс]: Электрон. дан. [Москва]. Режим доступа: http://www.infrass.ru , свободный. Загл. с экрана.

2. *Системы* управления инфракрасной сауной [Электронный ресурс]: Электрон. дан. [Москва]. Режим доступа: http://www.inoinoi.ru, свободный. Загл. с экрана.

3. *Инструкция* по эксплуатации и методические рекомендации аппарата для фототерапии / В.В Удут, Л.А. Журавлева. Томск, 2006. 64 с.

4. *Аппарат* «ЭФА». Ультразвуковой распылитель эфирных масел: Метод. рекомендации по применению / Под ред. В.Н. Васильева, А.П. Васильевой. Томск, 2007. 72 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОЩНЫХ СВЧ-УСИЛИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ALGAN/GAN HEMT

К.Ю. Осипов, аспирант каф. ФЭ;
Л.Э. Великовский, главный технолог
г. Томск, ЗАО «НПФ «Микран», docar@mail.ru

На сегодняшний момент GaN является одним из наиболее перспективных материалов для создания приборов мощной твердотельной СВЧ электроники. Ключевыми преимуществами GaN являются большие по сравнению с Si и GaAs ширина запрещенной зоны и скорость насыщения электронов (рис. 1). Эти особенности позволяют изготавливать СВЧ-транзисторы на основе GaN с плотностью мощности, более чем в 10 раз превышающую плотность мощности, характерную для Si- и GaAs-транзисторов [1–2].

Целью данной работы являлись разработка и создание мощного СВЧ AlGaN/GaN-транзистора с высокой подвижностью электронов (HEMT), а также создание технологии изготовления монолитных интегральных схем (МИС) на его основе. Транзисторы и МИС предназначены для использования в выходных усилительных каскадах приемопередающих модулей активных фазированных антенных решеток (ППМ АФАР), работающих в *X*-диапазоне длин волн, а также в усилителях базовых станций WiMAX, работающих в *S*-диапазоне.

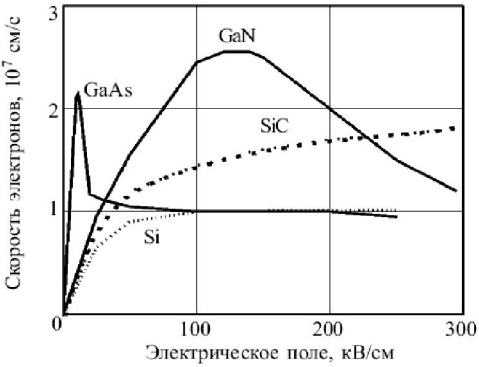


Рис. 1. Зависимость скорости электронов от напряженности электрического поля для различных полупроводников

В экспериментах использовались гетероструктуры AlGaN/GaN, выращенные на сапфировых подложках методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ). Примерная конструкция гетероструктуры и СВЧ-транзистора изображена на рис. 2.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

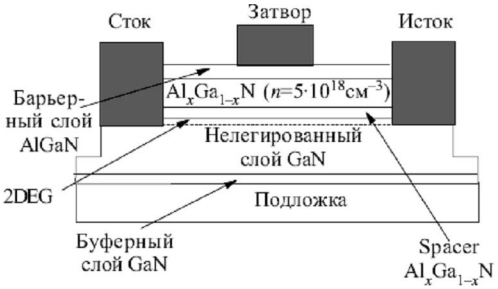


Рис. 2. Схема СВЧ-транзистора на гетероструктуре AlGaN/GaN

Разработанный технологический маршрут изготовления МИС на основе AlGaN/GaN-транзисторов состоит из следующих основных этапов:

1) Плазмохимическое травление AlGaN/GaN в хлорсодержащей индуктивно-связанной плазме с целью создания мезаизоляции транзисторов.

2) Электронно-лучевое напыление металлизации омических контактов. Экспериментально была выбрана схема металлизации Ta/Ti/Al/Ni/Au с толщинами 20/30/120/40/66 нм.

3) Вжигание омических контактов на установке быстрого термического отжига. Режим вжигания: температура 800 °С, время 1 мин, время нагрева 15 с. Вжигание проводилось при пониженном давлении в атмосфере очищенного азота. После вжигания сопротивление омических контактов составляло 0,5 Ом/мм, ток насыщения 1 А/мм, напряжение насыщения 5 В.

4) Напыление металлизации затворов. Для формирования затвора использовалась двухслойная композиция Ni/Au с толщинами 20/450 нм. Измеренная высота барьера составила 0,725 эВ, коэффициент идеальности – 2,6. Напряжение отсечки транзисторов равнялось 7 В, крутизна – 130–140 мСм/мм. Напряжение пробоя затвор-сток составляло 50 В.

5) Пассивация затворов с помощью плазмохимического осаждения пленки Si_xN_y. В результате пассивации поверхностных состояний уменьшилась ВЧ дисперсия тока, а крутизна увеличилась до 160–180 мСм/мм.

6) Создание пассивных элементов, межэлементной разводки и контактных площадок.

На данный момент изготовлены макеты транзисторов с длинами затворов 1 и 0,6 мкм (рис. 3), при этом ширины затворов транзисторов составили 160 и 100 мкм соответственно.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

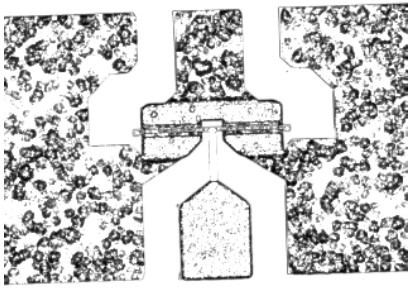


Рис. 3. Изображение AlGaN/GaN транзистора с длиной затвора 0,6 мкм и шириной 160 мкм

Из измерения малосигнальных параметров транзисторов было установлено, что для HEMT с длиной затвора 1 мкм величины f_t = 8 ГГц, f_{max}= 12 ГГц, а для транзисторов с длиной затвора 0,6 мкм – f_t = 20 ГГц, f_{max} = 35 ГГц. Данные результаты близки к лучшим мировым аналогам, что позволяет сделать вывод о том, что на основе разработанной технологии возможно изготовление конкурентоспособных усилителей мощности в *S*- и *X*-диапазонах длин волн.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Mishra U.K., Parikh P., Wu Y.–F.* AlGaN/GaN HEMTs-an overview of device operation and applications // Proc. IEEE. 2002. Vol. 90, № 6. P. 1022–1031.

2. *Shur M.S., Khan M.A.* Wide band gap semiconductors. Good results and great expectations // Proc. of 23d Internat. Sympos. on GaAs and Related Compounds. St. Peterburg, Russia, Sept. 22–28, 1996. Institute Phys. Conference Series. № 155, Chapter 2. P. 25–32.

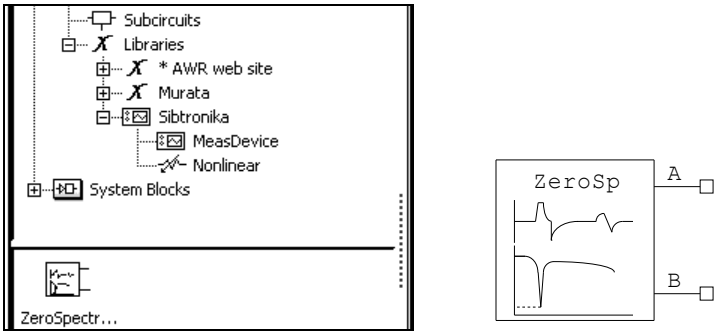
ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО НЕЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.П. Павлов, м.н.с. СКБ «Смена», аспирант;
Э.В. Семёнов, к.т.н., доцент
г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, tema-electric@ms.tusur.ru

Виртуальные измерения позволяют на ранних стадиях НИОКР объективно оценить правильность принятых технических решений и устранить допущенные ошибки. При этом не требуется привлечение дорогостоящих материальных ресурсов и существенных затрат времени. В данной статье рассматривается применение виртуального нелинейного импульсного измерителя характеристик цепей, выполненного в виде библиотечного компонента САПР Microwave Office.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Нелинейный импульсный измеритель характеристик цепей реализует в себе способ исследования нелинейных объектов по патенту [1]. Сущность способа заключается в следующем. Формируется тестовый сигнал, в спектре которого имеется локальный нуль. При линейном преобразовании тестового сигнала его спектр может изменяться на любой частоте, кроме частоты, на которой находится нуль спектра. Если преобразование нелинейно, то порождаемые спектральные составляющие будут создавать некоторый отличный от нуля уровень спектральной плотности мощности на частоте локального нуля.



а *б*

Рис. 1. Виртуальный измеритель в составе САПР Microwave Office

На рис. 1, *а* представлено местоположение компонента на вкладке «Elements» в САПР, а на рис. 1, *б* – его внешний вид. При создании компонента для описания использовался XML-формат.

В качестве примера проведем исследование нелинейного объекта диод Шотки BAT46. Для этого составим схему (см. рис. 2), в которую входят: виртуальный измеритель S1, три линии передачи TL1–TL3 и диод VD2. Форма тестового сигнала измерителя S1 задается вектором времени GTime и вектором напряжения GVolt. Пары векторов WrTime, WrVolt и WpTime, WpVolt задают форму оконных функций для отраженной и прошедшей составляющих.

На схеме (рис. 2) эти векторы также параметризированы. В результате такой параметризации тестовый сигнал представляет собой пару разнополярных трапецеидальных импульсов с амплитудой на холостом ходу 1 В, длительностью 50 нс, фронтом 7,5 нс, спадом 7,5 нс и задержкой между импульсами 70 нс. Оконные функции для стробирования отраженной и прошедшей составляющих имеют форму трапеций и располагаются на временных интервалах 210–490 и 150–430 нс, соответственно. Переходы оконных функций из нуля в

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

единицу и наоборот имеют длительность 10 нс. В качестве метода расчета схемы выступает метод гармонического баланса с анализом по 3000 гармоник.

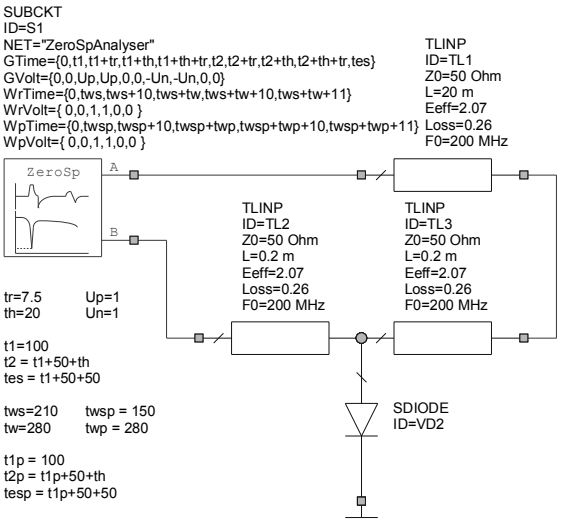


Рис. 2. Осциллограммы тестового сигнала и откликов от нелинейного объекта

Результаты моделирования во временной области представлены на рис. 3. Для тестового сигнала и откликов (рис. 3) были построены амплитудные спектры, нормированные к максимуму в амплитудном спектре тестового сигнала (рис. 4).

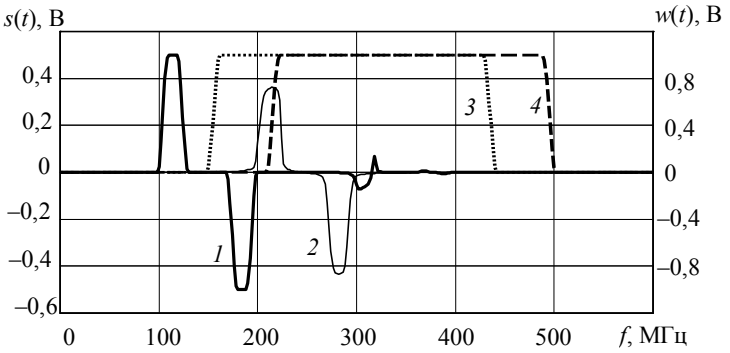


Рис. 3. Осциллограммы тестового сигнала и откликов от нелинейного объекта: *1* – напряжение в линии (порт А *S1*); *2* – прошедшая составляющая (порт В *S1*); *3* – оконная функция для стробирования прошедшей составляющей; *4* – оконная функция для стробирования отраженной составляющей

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Анализируя спектры откликов (рис. 4) приходим к выводу о том, что исследуемый объект нелинеен в силу того, что уровень спектральной плотности мощности в откликах на частоте нуля (14,28 МГц) равен минус 25,98 дБ в прошедшей составляющей и минус 27,54 дБ в отраженной составляющей, в то время как уровень спектральной плотности мощности на частоте нуля в тестовом сигнале равен минус 60 дБ.

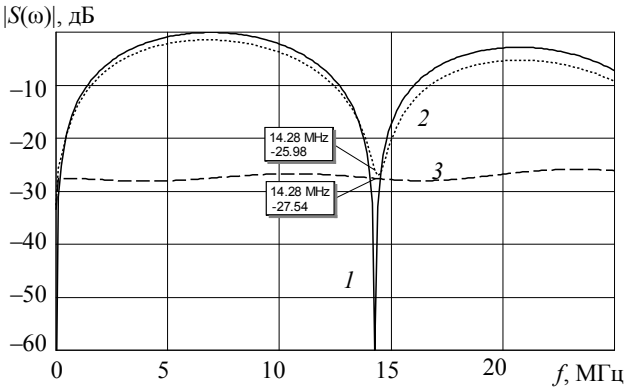


Рис. 4. Нормированные амплитудные спектры тестового сигнала и откликов от нелинейного объекта: *1* – нормированный амплитудный спектр тестового сигнала; *2* – нормированный амплитудный спектр отклика в прошедшей составляющей; *3* – нормированный амплитудный спектр отклика в отраженной составляющей

Проведенный эксперимент повторяет реальный эксперимент, в котором использовался импульсный измеритель характеристик цепей Р4-И-01. При этом уровень спектральной плотности мощности на частоте нуля был минус 22 дБ – в отклике прошедшей составляющей, и минус 23 дБ – в отклике отраженной составляющей.

Учитывая тот факт, что форма тестового сигнала в виртуальном приборе задавалась идеальной без частотных и нелинейных искажений измерительного тракта прибора, можно сказать, что полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными. Разработанный виртуальный прибор может с успехом использоваться при исследовании различных нелинейных объектов.

Работа выполнена при поддержке Рособразования по федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (государственные контракты № П2175 и № П453) и РФФИ (проект № 09-08-99041).

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2227921 Рос. Федерация, G 01 R 23/16, G 01 S 13/00. Способ исследования нелинейных свойств объекта [Текст] / Э.В. Семёнов. № 2002123629; Заявлено 04.09.2002; Опубликовано 27.04.2004; Бюллетень № 12 (III ч.), Приоритет 04.09.2002, владелец ТУСУР, (поддерживается).

2. *Семёнов Э.В.* Синтез сверхширокополосных тестовых сигналов для обнаружения нелинейного преобразования сигнала путем наблюдения за нулями его спектральной плотности мощности // Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике: Сб. докл. Всерос. науч. конф. Муром, 2003. С. 99–103.

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СВЧ-СТРУКТУР С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРА*

Д.С. Попов, студент, каф. КСУП; А.А. Ильин, аспирант каф. ТОР, м.н.с. СКБ «Смена»; А.Г. Лощилов, к.т.н., м.н.с. СКБ «Смена»

г. Томск, ТУСУР, pjin@mail.ru

Численные методы моделирования СВЧ-структур позволяют получить решения для структур произвольной конфигурации. Однако применение численных методов сопряжено с большими вычислительными нагрузками. До недавнего времени для проведения ресурсоемких вычислений приходилось использовать компьютерные кластеры либо суперкомпьютеры. С развитием технологии вычислений общего назначения с помощью графических процессоров появилась альтернатива кластерным вычислениям.

Центральный процессор содержит в себе несколько универсальных вычислительных ядер, способных работать независимо друг от друга над разными задачами.

Графический процессор состоит из нескольких сотен вычислительных ядер, которые выполняют одинаковые вычисления с разными входными данными. Это отличие дает преимущество над центральным процессором в задачах численного моделирования.

Целью работы является сравнение производительности центрального и графического процессоров в задачах моделирования СВЧ-структур.

* Выполнено в рамках проекта ГПО РЭТЭМ-0908 «Программное обеспечение для автоматизированного проектирования устройств на основе микрополосковых структур нерегулярного типа».

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Задача электростатического анализа поперечного сечения СВЧ-структур сводится к решению уравнения Лапласа для потенциала двухмерного поля:

$$(\partial^2\phi/\partial x^2)+(\partial^2\phi/\partial y^2)=0\,. \qquad (1)$$

При численном решении уравнения (1) распределение потенциала ищется в ограниченной области, которая разбивается на большое число малых ячеек (покрывается сеткой). Значения потенциала в узлах сетки являются искомыми величинами. Пример разбиения двумерной регулярной сеткой приведен на рис. 1. Тогда конечно-разностная аппроксимация уравнения Лапласа в однородной среде имеет следующий вид [1]:

$$\phi_{i,j}{}^{(n)}=(\phi_{i+1,j}{}^{(n-1)}+\phi_{i-1,j}{}^{(n-1)}+\phi_{i,j+1}{}^{(n-1)}+\phi_{i,j-1}{}^{(n-1)})/4\,, \qquad (2)$$

где $\phi_{i,j}$ – значение потенциала в узле с координатами (i, j).

Идея итерационного метода заключается в следующем: задаются некоторые произвольные начальные значения потенциала во всех узлах сетки. Затем рассчитываются уточненные значения потенциалов с использованием (2). Данная операция повторяется до тех пор, пока не будет достигнута требуемая точность вычислений – изменение потенциала от итерации к итерации в каждом из узлов сетки станет меньше некоторого заданного уровня [2].

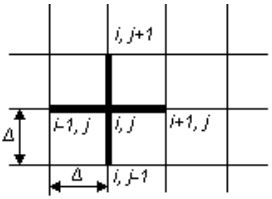


Рис. 1. Двухмерная сетка с равномерным шагом

Данный алгоритм был реализован в виде программы GridMethod, позволяющей производить вычисления как с использованием центрального процессора, так и с использованием графического процессора видеокарты. Для реализации вычислений с помощью графического процессора использовалась программно-аппаратная вычислительная архитектура CUDA (Compute Unified Device Architecture) [2].

Для тестирования производительности был использован персональный компьютер следующей конфигурации:

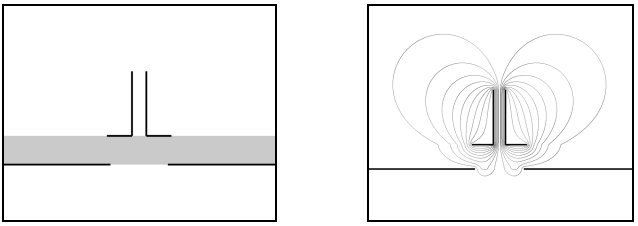
процессор	Intel Pentium D (2.8 ГГц);
объем памяти	1 Гб;
скорость шины памяти:	534 МГц;
видеокарта	NVIDIA GeForce GTS 250;
частота графического процессора	684МГц;
объем видеопамяти	512Мб DDR3;
версия драйвера видеокарты	6.14.11.9621.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В качестве примера анализируемой структуры было выбрано поперечное сечение рельефной микрополосковой связанной линии [3], показанное на рис. 2, *а*.

В течение одной итерации потенциал каждого узла сетки определялся по формуле (2). Число итераций было заданно постоянным, что позволило упростить алгоритм, исключив из него определение текущей точности. При сравнении производительности программа выполняла четыре тысячи итераций, что обеспечило определение потенциалов в узлах сетки с точностью не хуже 2×10^{-5} В.

На рис. 2, *б* показаны эквипотенциальные линии поля, полученного в результате решения уравнения (1).



а *б*

Рис. 2. Конфигурация анализируемой структуры (*а*) и распределение поля при противофазном возбуждении электродов (*б*)

На рис. 3 приведена зависимость отношения времени анализа с использованием центрального процессора (T_{CPU}) к времени анализа с использованием графического процессора (T_{GPU}) от числа ячеек сетки, полученная в результате вычислительного эксперимента.

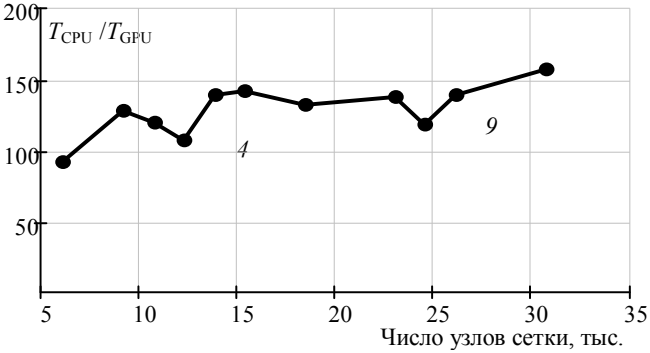


Рис. 3. Результаты вычислительного эксперимента

В результате эксперимента было установлено, что время анализа с использованием CUDA примерно в 100–150 раз меньше, чем при вы-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

числениях на центральном процессоре, что доказывает преимущество решения задач моделирования с помощью графических процессоров. Локальные минимумы в точках *4* и *9* показывают, что разработанный алгоритм не учитывает некоторые особенности архитектуры CUDA, что приводит к снижению производительности при некоторых размерах сетки. При дальнейшей разработке приложений с использованием CUDA эти особенности должны быть учтены.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Фуско В.* СВЧ-цепи. Анализ и автоматизированное проектирование. М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.

2. NVIDIA CUDA Reference Manual // URL: http://developer.download.nvidia.com/compute/cuda/2_3/toolkit/docs/CUDA_Reference_Manual_2.3.pdf (дата последнего обращения 20.01.2010)

3. *Дрогалев С.В., Малютин Н.Д.* Использование С-секции с неуравновешенной электромагнитной связью в корректорах группового времени замедления // Радиотехника. 1994. №12. С. 30–32.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ФИЛЬТРА КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ИМПУЛЬСНОЙ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ

А.А. Зайцев, ведущий инженер НИИ ВСиСУ

г. Москва, Зеленоград, МГИЭТ (ТУ), andazaitsev@mail.ru

С появлением технологий, позволяющих создавать интегральные микросхемы высокой плотности, все более проявляется тенденция, заключающаяся в минимизации использования внешних по отношению к микросхеме компонентов. В полной мере это относится к проектированию интегральных устройств импульсной фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), все элементы которых должны размещаться на кристалле микросхемы.

В типовом устройстве импульсной ФАПЧ управляющий сигнал рассогласования вырабатывается импульсным частотно-фазовым детектором (ИЧФД) и представляет собой импульсы тока $I_{ИЧФД}$, под воздействием которых на элементах фильтра контура управления (ФКУ) формируется напряжение $U_{УПР}$ для автоматической подстройки частоты и фазы управляемого генератора [1, 2].

Традиционно используемая структурная схема ФКУ представлена на рис. 1, *а*. В ее состав входит конденсатор $C_{П}$, обеспечивающий точку полюса в передаточной функции системы и изодромное звено $R_{ИЗ}$, $C_{ИЗ}$, обеспечивающее точку нуля. Элемент коммутации K используется

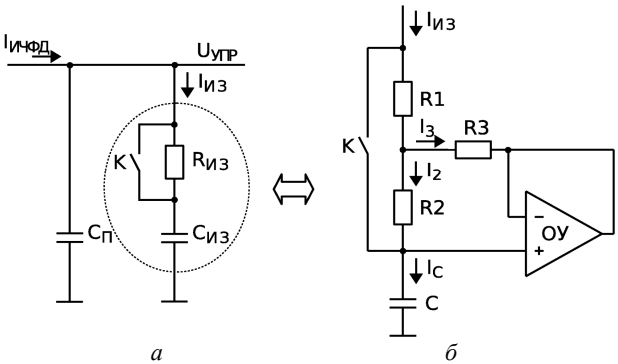
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

для быстрого изменения потенциала на конденсаторе $C_{ИЗ}$ с целью ускорения отработки контуром ФАПЧ больших фазовых рассогласований в начале переходного процесса. При этом значение выходного тока ИЧФД многократно увеличивается.

Для обеспечения требуемого запаса по фазе, емкость конденсатора $C_{ИЗ}$ обычно по крайней мере в десять раз больше емкости конденсатора $C_{П}$. В результате конденсатор $C_{ИЗ}$ занимает большую площадь на кристалле микросхемы, что является существенным недостатком данной структуры.

В статье представлена структурная схема ФКУ, разработанного специально для полностью интегральной реализации.

Как правило, в современных технологических процессах интегральные конденсаторы и резисторы занимают на кристалле микросхемы намного большую площадь, по сравнению с активными элементами. На рис. 1, *б* представлена эквивалентная схема изодромного звена $R_{ИЗ}$, $C_{ИЗ}$, позволяющая большое значение емкости конденсатора $C_{ИЗ}$ заменить намного меньшим значением конденсатора C. Эта схема основана на использовании операционного усилителя (ОУ), который в данном включении имеет однополярное питание, что является неотъемлемым требованием для большинства практических интегральных применений.



а *б*

Рис. 1. Традиционная структурная схема ФКУ (*а*); эквивалентная схема изодромного звена (*б*)

При разомкнутом состоянии элемента коммутации K для значения его сопротивления R_K выполняется условие

$$R_K \gg R_1 + (R_2 \| R_3), \text{ то } R_{ИЗ} = R_1 + (R_2 \| R_3).$$

Так как величины токов I_2 и I_3, протекающих через резисторы R_2 и R_3, обратно пропорциональны значениям их сопротивлений, то соот-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ветствующим выбором отношения сопротивлений этих резисторов ток I_C может быть установлен меньше тока $I_{ИЗ}$ с коэффициентом M:

$$I_C = \frac{I_{ИЗ}}{M}, \text{ где } M = \frac{R_2 + R_3}{R_3}.$$

В результате значение емкости конденсатора $C_{ИЗ}$ эквивалентно заменяется меньшим значением емкости конденсатора C:

$$C_{ИЗ} = \text{M} \times \text{C}.$$

Для замкнутого состояния элемента коммутации не вызывает затруднений реализация следующего условия:

$$R_K < 0{,}1 \times (R_1 + (R_2 \| R_3)), \text{ при этом: } R_{ИЗ} \approx R_K.$$

Вследствие этого практически весь ток $I_{ИЗ}$, втекающий в изодромное звено, втекает в конденсатор C, скорость перезаряда которого увеличивается почти в M раз по сравнению с состоянием, когда элемент коммутации разомкнут, при этом

$$C_{ИЗ} \approx C.$$

Важно, что увеличение скорости перезаряда конденсатора происходит без увеличения выходного тока ИЧФД.

Резистор $R1$ введен для минимизации общего суммарного значения сопротивления R_Σ резисторов предлагаемой схемы. При эквивалентной замене $R_{ИЗ}$ значение R_Σ равно

$$R_\Sigma = R_{ИЗ} \times \left(P + \frac{M^2 \times (1 - P)}{M - 1} \right),$$

где $P = \dfrac{R_1}{R_1 + (R_2 \| R_3)}$.

Таким образом, чем ближе коэффициент P к единице, тем ближе R_Σ к $R_{ИЗ}$. Значения резисторов выбираются такими, чтобы гарантировать необходимую точность установки $R_{ИЗ}$ и коэффициента M с учетом технологических разбросов при производстве микросхемы.

Предложенное решение позволяет эквивалентно заменить емкость конденсатора изодромного звена $C_{ИЗ}$ в M раз меньшим значением емкости конденсатора C. В результате для полностью интегральной реализации ФКУ на кристалле микросхемы потребуется существенно меньшая площадь, даже несмотря на необходимость использования ОУ и увеличение общего суммарного значения сопротивления резисторов. Например, для технологического процесса КМОП 180 нм при коэффициенте M, равном десяти, выигрыш по площади кристалла составил около четырех раз.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Никитин Ю.* Частотный метод анализа синтезаторной системы импульсно-фазовой автоподстройки частоты // Современная электроника. 2007. №4–6; 2007. №8–9; 2008. №1.

2. *Зайцев А.А.* Устройство нелинейной коррекции в системе импульсной фазовой автоподстройки частоты // Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук: Тр. 51-й науч. конф. МФТИ. М.: МФТИ, 2008. Т. 5. С. 165–166.

УСТРОЙСТВО ОТЛАДКИ РАДИОМЕТРОВ С ЦИФРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПОДШУМЛИВАНИЕМ*

Н.О. Жуков, студент 5-го курса, каф. ТУ;
А.В. Убайчин, студент 5-го курса, каф. РЗИ
г. Томск, ТУСУР, my_box_11@mail.ru, dualog@mail.ru

Радиометры – класс сверхвысокочувствительных приемников для измерения собственного электромагнитного излучения нагретых тел. Широкий спектр применения и все более высокие требования для систем подобного рода диктуют необходимость в создании устройства настройки радиометров и оценки их метрологических параметров на стадии отладки.

Двухканальный радиометр, описанный в [1], структурно можно поделить на две части. Первая часть – аналоговая, выполняет типичные операции и функции приемника; вторая – цифровая часть, выполняет управление по импульсной модуляции, осуществляет коммутацию входного сигнала антенны на разные приемники в определенные моменты времени, устанавливая тем самым нулевой баланс.

Цифровая часть реализована на отладочной плате Atmel SAM7S-ek. Широкий набор функций встроенной в ядро SAM7 периферии позволяет реализовывать весь творческий потенциал разработчика.

Основная идея реализации алгоритма цифрового блока управления (ЦБУ) заключается в использовании трех встроенных 16-разрядных счетчиков. Два счетчика работают в режиме генерации, третий – в режиме «псевдонакопления». Генерирующие счетчики управляют тремя выводами импульсной последовательности, определяющими соответственно номинал длительности первого, второго и суммарного каналов. Встроенный контроллер широтно-импульсной модуляции (ШИМ) используется для точного деления основной частоты задающе-

* Выполнено в рамках проекта ГПО ТОР – 0907.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

го генератора, равной 48 МГц, применением двух делителей этой синхрочастоты: делитель типа «степень двойки» и целое число в пределах 1…255. Эта особенность позволяет менять период следования синхроимпульсов для различной флуктуационной чувствительности настраиваемых радиометров. Можно реализовать максимальное число дискретов до 2^{15}, что лежит в технологических пределах современного уровня техники.

Основная особенность данной реализации ЦБУ заключается в реализации мажоритарного принципа определения полярности сигнала, управляющего длительностью коммутации каналов. По входу счетчика в SAM7 (рис. 1) реализована логика «И». Это так называемый пакетный режим.

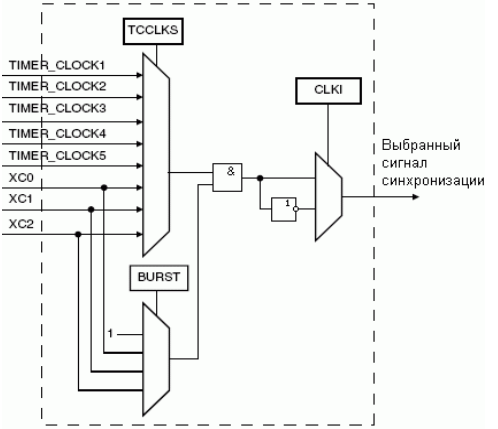


Рис. 1. Структурная схема режимов селекции синхросигнала

Пусть управляющий сигнал объединяется с импульсами счета основной частоты, поделенной на 1024(TIMER_CLOCK5), по встроенной логике «И». Тогда достаточно в конце каждого полупериода основной модуляции проверять значение накопленных импульсов счета только одним прерыванием, при этом производится 1024 «выборки» через равные промежутки времени. Это позволяет компенсировать потери вычислительной мощности. В конце каждого периода модуляции значения длительности каналов отсылаются на жидкокристаллический дисплей (встроенный контроллер KS0066u) для отображения и по интерфейсу RS-232 на ПЭВМ для дальнейшей обработки. Фактически разработанное цифровое устройство является многофункциональным блоком любого радиометра, построенного по структурной схеме, приведенной на рис. 2. В состав имитатора отладки аналоговой части входят: антенна *А*, модулятор $М_{вч}$, опорный генератор шума ДОГШ, аттенюатор АТТ, СВЧ-ключ, направленный ответвитель НО, согласованная нагрузка СН. Каждый измерительный канал состоит из двух радиометрических приемников, цепей исключения постоянной составляющей СИПС. Применены схемы замещения высокочастотных узлов,

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

в которых направленный ответвитель НО и согласованная нагрузка СН моделируются прецизионными малошумящими операционными усилителями. СВЧ-ключ и $M_{вч}$, а также $M_{нч}$ заменены аналоговыми ключами. Вместо опорного генератор шума ДОГШ и аттенюатора АТТ применены опорные источники напряжения.

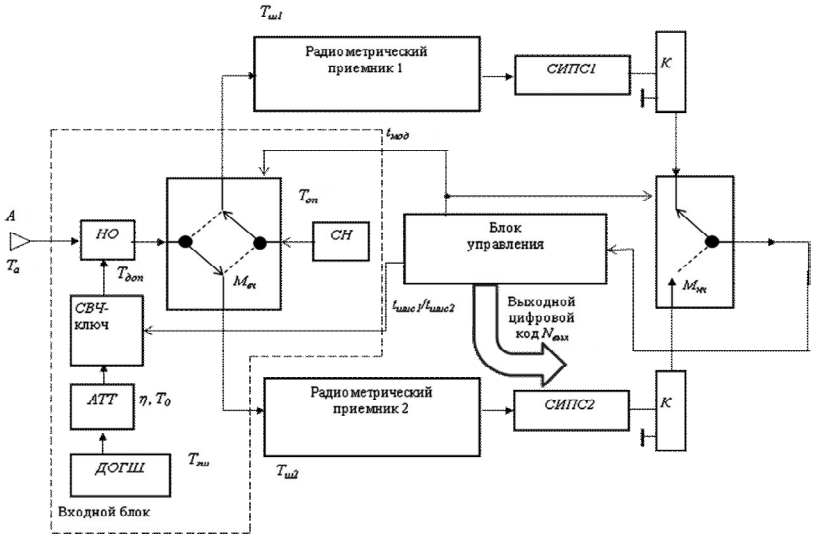


Рис. 2. Структурная схема устройства имитации

Для большего удобства настройки цифрового блока управления в имитационную модель входит и низкочастотная часть радиометрической системы. Система исключения постоянной составляющей СИПС реализована разделительной RC-цепью первого порядка.

В настоящее время нашим коллективом проводятся работы по разработке радиометров по трем направлениям: медицина, метеорология и предотвращение техногенных катастроф. Для каждого из этих приложений предполагается использовать разработанный отладочный блок.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Филатов А.В.* Микроволновые радиометрические системы нулевого метода измерений. Томск.:Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. 273 с.

2. *Редькин П.П.* 32/16-битные микроконтроллеры ARM7 семейства AT91SAM7 фирмы Atmel. Руководство пользователя (+CD). М.: Изд. дом «Додэка-XXI», 2008. 704 с.

3. *Павлов В.Н.* Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учеб. для вузов. М.: Радио и связь, 1997. 320 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СЕКЦИЯ 6

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

*Председатель – **Катаев М.Ю.**, д.т.н., профессор каф. АСУ;*
*зам. председателя – **Бойченко И.В.**, к.т.н., доцент каф. АСУ*

РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРА ДИСПЕТЧЕРА АК «ТРАНСНЕФТЬ»

И.О. Михнов, В.С. Крат, И.А. Медведев, студенты 4-го курса;
М.Ю. Катаев, науч. рук., д.т.н., проф.
г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, vedmezhatko@sibmail.com, kataev.m@sibmail.com

Автоматизация технологических процессов – неотъемлемая составляющая работы крупных производств.

Компания «ЭлеСи» разработала систему диспетчерского контроля управления магистрального нефтепровода (СДКУ МН) для АК «Транснефть» – систему диспетчерского контроля и управления магистральными нефтепроводами. Данная система обеспечивает управление технологическими процессами трубопроводной транспортировки нефти. Магистраль включает в себя центральные, районные, местные диспетчерские пункты (ДП), а также диспетчерские пункты резервуарных парков и пункты приема-сдачи нефти.

На каждом из ДП имеется одно или более автоматизированное рабочее место (АРМ), где на динамических мнемосхемах объектов отображается состояние технологических процессов.

Целесообразность создания тренажера для данного вида АСУ ТП очевидна – диспетчеры не имеют практической возможности обучиться действиям в экстренных ситуациях на действительном месте прохождения магистрального нефтепровода (МН), поскольку это экономически невыгодно и небезопасно. Не уменьшает надобности данной разработки и тот факт, что преобладающую часть времени система трубопроводного транспорта работает четко и слаженно, поскольку компания «ЭлеСи» постоянно проводит работы по улучшению безопасности и качества МН.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Работу над созданием тренажера данной системы можно разделить на две части:

– разработка модели действий МН по заданному сценарию;

– моделирование технологических процессов.

В данный момент в компании «ЭлеСи» уже есть разработанные учебные стенды, в состав которых входит программно-логический контроллер (ПЛК) и компьютер, на котором установлены сервер ввода-вывода и среда графического отображения HMI.

Модель объекта и система управления включают в себя 3 уровня:

– ПЛК;

– сервер ввода-вывода;

– среду отображения.

Таким образом, АРМ будет находиться на лабораторном стенде, где будет возможность проверить знания и навыки обучающихся.

Помимо таких аспектов, как создание штатных и нештатных ситуаций, разработка отдельных компонентов технологических процессов, предполагается также сделать проект более универсальным – для автоматизации не только данного проекта, но и разрабатывающихся и уже существующих.

Помимо расширения области назначения данного проекта, предполагается разработать наиболее гибкую систему оценки с учетом тех или иных параметров.

С учетом поставленных задач будет необходимо разработать дополнительные программные компоненты, включающие в себя:

– контроль всех действий ученика во время работы;

– возможность экспертной оценки тренера, по результатам которой критерии оценки могут меняться;

– создание оптимальной модели управления с минимальными «ручными» настройками.

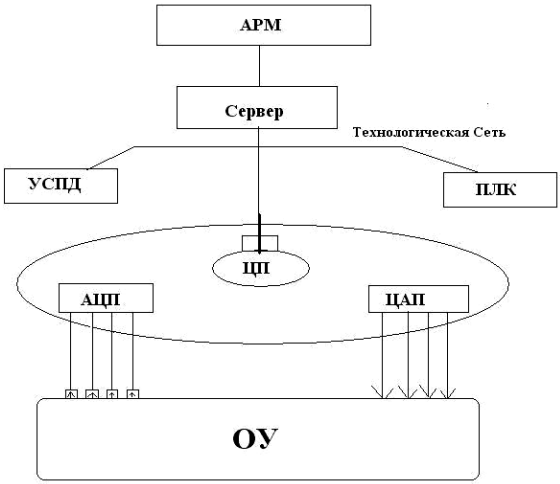


Рис. 1. Техническая система (схема реализации)

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СУБД MS SQL SERVER, POSTGRESQL, MYSQL И MS ACCESS

Е.В. Полонская, магистрант 2-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. ЭМИС, salamandra-86@mail.ru

Прогресс, достигнутый за последние десятилетия во всех аспектах вычислительной техники, включая теорию, технологию и приложения, привел к значительному расширению области применения компьютеров и росту числа их пользователей. Существенной частью современного общества являются разнообразные системы доступа и хранения информации, которые являются неотъемлемой составляющей современного научно-технического прогресса. Это говорит об актуальности рассматриваемой темы, так как разработчик, получив то или иное задание, задумывается, какую СУБД выбрать для его реализации. Данный сравнительный анализ был проведен в помощь разработчикам, стоящим перед выбором между различными СУБД. Каждая система управления базами данных имеет определенные возможности, достоинства и недостатки, в данной работе были исследованы возможности бесплатных СУБД PostgreSQL и MySQL, а также двух платных СУБД от Microsoft: MS Access и СУБД более высокого класса MS SQL Server. Цель исследовательской работы заключается в выявлении достоинств и недостатков перечисленных СУБД и разграничении задач, решаемых каждой из них.

В ходе работы был проведен сравнительный анализ СУБД PostgreSQL, MySQL, MS Access и MS SQL Server по следующим характеристикам:

1) принцип взаимодействия клиент–сервер;
2) наличие ODBC-драйверов;
3) наличие вложенных транзакций;
4) наличие мануальных транзакций;
5) размеры БД и ее обслуживание;
6) наличие триггеров;
7) наличие OLAP;
8) наличие CUBE-запросов.

Прежде всего, хотелось бы отметить, что PostgreSQL и MySQL являются широко используемыми программными продуктами, которые разрабатывались с разными целями. Это значит, что для решения одних задач больше подходит MySQL, для других же – PostgreSQL. Если требуется максимальная скорость работы, лучше всего, вероятно, будет остановить свой выбор на MySQL Server, также как если необходимо создать web-приложение, MySQL – идеальное решение, быстро и качественно работающее на сетевых серверах. Если же необходи-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

мы дополнительные возможности, имеющиеся только у PostgreSQL, например, транзакции (мануальные или вложенные) или внешние ключи, следует выбрать эту СУБД. Для бухгалтерских программ также лучше подойдет PostGreSQL, так как в них важно использование ручных транзакций.

Сравнение PostgreSQL, MySQL, MS Access и MSSQL Server

PostGreSQL 8.4	MySQL 5.1	MS Access	MS SQL Server 2008
1. Сокеты TCP/IP, сокеты Unix	1. Сокеты TCP/IP, сокеты Unix или именованные каналы (named pipes, под NT)	1. Локальная СУБД	1. Сокеты TCP/IP
2. ODBC-драйвер на сайте PostGreSQL	2. Поддержка ODBC посредством ODBC-драйвера MyODBC	2. ODBC-драйвер для MS Access	2. ODBC-драйвер для MS SQL Server Express
3. Есть вложенные транзакции (точки сохранения)	3. Нет вложенных транзакций	3. Есть вложенные транзакции	3. Есть вложенные транзакции
4. Есть ручные транзакции	4. Нет	4. Есть	4. Есть
5. Неограниченно. Реализованный способ хранения данных требует дополнительного обслуживания – периодической дефрагментации БД командой VACUUM (в версии 8.3 появился autovacuum). Для резервного копирования используется WAL, а для сжатия БД существует утилита gzip	5. Неограниченно. Все функции проверки и восстановления базы данных MySQL сосредоточены в функциональности утилиты mysqlcheck. Она имеет большое количество ключей, при запуске с которыми способна оптимизировать, проверять и восстанавливать базы данных MySQL-сервера	5. 2 Гбайта БД может увеличиваться за счет большого количества черновых записей. Что приводит к существенному замедлению работы и требует постоянной очистки	5. Неограниченно
6. Есть	6. появились в версии 5.0	6. Нет	6. Есть
7. ЕСть OLAP-функции	7. Поддерживает OLAP-функции	7. нет	7. OLAP входит в Microsoft Analysis Services
8. Нет (существует экспериментальный патч)	8. Нет	8. Нет	8. Есть

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Что же касается MS Access, это одна из самых популярных настольных СУБД. Типичной задачей, реализуемой на MS Access, является задача «учета домашних финансов». Данная задача может быть реализована на MS Access даже непрофессиональным программистом, так как эта СУБД проста в освоении и является одной и самых популярных настольных СУБД, также «учет домашних финансов» – база данных, ориентированная на одного пользователя, что типично для задач MS Access. MS Access лучше использовать при создании баз небольшого размера, не больше 1 Гбайта. К тому же данная СУБД – платная и при выборе СУБД этот аспект также следует учитывать.

MS SQL Server имеет собственные средства аналитической обработки многомерных моделей данных (OLAP) и сбора релевантной информации, которые входят в состав Microsoft Analysis Services. Заявленное время обработки запросов в OLAP составляет около 0,1% от аналогичных запросов в реляционную БД. Также преимуществом MS SQL Server перед другими тремя СУБД в том, что она имеет оператор CUBE, который позволяет создавать кубические запросы. Однако данная СУБД является платной (90000 руб. на 10 клиентов), существует также бесплатная версия данной СУБД – MS SQL Express Edition, в которой имеются ограничения на размер БД – 4 Гб, размер адресуемой памяти – 1 Гб и и поддерживает 1 процессор.

В ходе данной работы был проведен сравнительный анализ возможностей СУБД PostGreSQL, MySQL, MS SQL Server и MS Access, были разграничены типы задач, решаемые на каждой из них, было установлено, что для web-приложений больше подойдет MySQL, для бухгалтерских баз данных – PostgreSQL, для MS SQL Server – более глобальные задачи, где требуется аналитическая обработка многомерных данных, а для MS Access типичными задачами являются БД небольшого размера, ориентированные на одновременную работу одного или нескольких локальных пользователей (таблица).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Самохвалов Н.* PostgreSQL 8.3. postgresmen.ru/articles/view/78
2. СУБД MS Access www.proaccess.ru/
3. *Оптимальное* использование MySQL www.mysql.ru/docs/optimal.html

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»

В.В. Шуринов, Д.Ю. Майков, студенты
г. Томск, ТУСУР, каф. РТС, Shurinov_Valery@rambler.ru, Disco_Den@mail.ru

Желание человека упростить себе рутинные повседневные заботы заставляет придумывать новые типы бытовой, офисной техники, объединять их в системы. Одной из таких систем является так называемый «умный дом». Умный дом (далее УД) – фактически это централизованная система управления домашними электроприборами, бытовой, мультимедийной техникой, освещением, отоплением, вентиляцией и другими устройствами, которая обладает некоторой долей «разума». Этот разум, в частности, выражается в простоте управления, некоторой самостоятельности и автоматизированности, призванной удовлетворять запросы пользователя наилучшим образом.

Разработка такой системы должна вестись с учётом возможности лёгкого изменения её конфигурации, будущих модернизаций и т.п. УД должен подчиняться принципу открытых систем – использовать общеизвестные интерфейсы, протоколы. Например, в нашей системе для централизованного управления диммерами (в том числе регуляторами освещенности) предполагается использование протокола DMX512. С помощью него возможно управление 512 каналами регулировки мощности по трём проводам с максимальной длиной линии до 1 км (регламентируется стандартом). Наработки по работе с этим протоколом есть у наших коллег. Соединение узловых устройств УД может сетевой протокол Ethernet.

Для создания различных датчиков планируется использовать микроконтроллеры серии MSP430 фирмы Texas Instruments. Это 16-битные микроконтроллеры с низким энергопотреблением, что позволяет применять их в таких устройствах системы, где используется батарейное питание (пульты дистанционного управления, автономные датчики и др.).

Основой для части устройств системы было выбрано семейство сигнальных микроконтроллеров C2000 от Texas Instruments. Эти микроконтроллеры сочетают в себе достаточно мощное вычислительное ядро и набор разнообразной периферии. Производитель рекомендует использовать эти микроконтроллеры для управления электропитанием, двигателями, освещением, альтернативными источниками энергии. Были освоены два контроллера этого семейства – TMS320F28016 и TMS320F28027 Piccolo. Благодаря использованию единой для всех микроконтроллеров и процессоров фирмы Texas Instruments среды разработки Code Composer Studio, переход от одного микроконтролле-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ра к другому был почти незаметен, и можно с уверенностью сказать, что также легко можно будет работать и с другими микроконтроллерами семейства C2000. Освоению этих микроконтроллеров, кстати, способствует наличие хороших примеров кода на сайте производителя.

На TMS320F28027 был реализован режим генерации сигнала с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ-сигнал). ШИМ позволяет управлять мощностью электродвигателей, ламп накаливания. Был разработан силовой блок на основе микросхемы-драйвера и МОП-транзисторов, который, принимая управляющие сигналы с микроконтроллера, может управлять скоростью и направлением вращения коллекторного двигателя напряжением питания до 100 В и максимальным током до 33 А. Была опробована работа 12-битного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), который может использоваться для организации обратной связи при работе исполнительных устройств (контроль тока, напряжения) или для работы с аналоговыми датчиками (например, температуры, влажности и т.д.). Также был реализован асинхронный интерфейс передачи данных UART, позволяющий осуществлять дуплексную передачу данных между микроконтроллером и ПК. Был освоен синхронный интерфейс SPI, позволяющий передавать данные с достаточно высокой скоростью (зависит от конкретных устройств, обычно максимальная частота передачи – четверть тактовой частоты контроллера). Этот интерфейс, в частности, предполагается использовать для работы с беспроводными модулями передачи данных.

В качестве центрального блока управления, мозгового центра УД предполагается использование микроконтроллера на основе ядра ARM9. Этот выбор объясняется возможностью установки в него операционной системы Linux. Операционная система позволит расширять возможности системы, конфигурировать её, не меняя управляющую программу (не «перепрошивать» микроконтроллер), а просто загрузив в память программу, написанную под Linux. Также на такой контроллер можно поставить WEB-сервер, который даст возможность управления УД дистанционно – через Интернет.

Структура системы УД. Центральный блок управления на ARM 9 (далее ЦБУ), имеющий выход в Интернет, локальные блоки управления на контроллерах семейства C2000. Они объединены в общую сеть по протоколу Ethernet. Локальные блоки управления обслуживают достаточно крупные инженерные системы (вентиляция, энергоснабжение и т.п.), либо являются связующим звеном между ЦБУ и простейшими исполняющими устройствами, датчиками. Управление освещением производится по протоколу DMX512. Работа с датчиками может производиться по I2C, OneWire – их реализация на микроконтроллерах

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

С2000 дело несложное. Простые исполняющие устройства лучше и дешевле сделать на MSP430.

Создаваемая система благодаря использованию стандартных точек сопряжения – общедоступных протоколов и интерфейсов, может плавно дополняться новыми видами устройств. В настоящее время уже реализованы некоторые из используемых интерфейсов и технических функций, т.е. на данном этапе уже возможна частичная реализация системы. В ближайшее время необходимо сформулировать требования к основным устройствам и приступить к их созданию на основе полученного опыта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Reference Guide. TMS320x280x, 2801x, 2804x DSP system control and interrupts. Dallas: Texas Instruments, 2009. 158 с.

2. Reference Guide. TMS320x280x, 2801x, 2804x serial peripheral interface. Dallas: Texas Instruments, 2009. 39 с.

3. Reference Guide. TMS320x2802x, 2803x Piccolo enhanced pulse width modulator (ePWM) Module. Dallas: Texas Instruments, 2009. 151 с.

SVD-МОДЕЛИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ*

А.В. Тунгусова, студентка; М.Ю. Катаев, науч. рук., д.т.н., проф.

г. Северск, ТУСУР, каф. АСУ, snusmumrik@t-sk.ru

Информация о параметрах атмосферы, например, таких как температура, плотность, концентрация газов, необходима для большого числа различных областей деятельности человека: авиация, сельское хозяйство, экологические организации и т.д. Особый интерес представляет концентрация углекислого газа (CO_2) и метана (CH4), так как содержание именно этих газов в атмосфере наиболее значимо для изучения экологических вопросов, в том числе такого вопроса, как потепление климата, актуально для территории Западной Сибири, где расположены болота и крупнейшие промыслы добычи нефти и газа. Определение параметров атмосферы осуществляется по данным спутникового прибора.

Обработка информации такого объема вызывает значительные затруднения, поэтому необходимо разработать такую модель, которая

* Работа выполнена в рамках проекта ГПО АСУ-0904.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

позволила бы получать необходимую информацию по данным меньшего объема. То есть найти такой алгоритм обработки данных, который позволил бы по части информации дать характеристику всех данных. В данной работе рассматривается метод, основанный на SVD-разложении (singular value decomposition).

Метод основан на использовании средних значений величины и матрицы ковариации, полученных из большого набора ранее измеренных данных. Рассматриваемую величину (например, температуру) можно представить в виде

$$T_{ij} = \overline{T_{ij}} + \tilde{T},$$
$$j = \overline{1,M};\ i = \overline{1,N};$$

где T – среднее значение температуры, полученное по многолетним данным; $\tilde{T}$ – отклонение от среднего.

Для получения $\tilde{T}$ необходимо найти собственные вектора матрицы A, представляющий собой набор профилей температуры для данной географической точки в течение года или заданного промежутка времени. Для этого используется SVD-разложение. Исходная матрица представляется в виде произведения трех матриц:

$$A = U\lambda V^T,$$

где U, V – матрицы, содержащие собственные вектора, а λ – диагональная матрица собственных значений.

$$\begin{pmatrix} . & . & . \\ . & A & . \\ . & . & . \\ . & . & . \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} . & . & . & . \\ . & U & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda & 0 & . & 0 \\ 0 & \lambda & . & . \\ . & . & \lambda & 0 \\ 0 & . & 0 & \lambda \end{pmatrix} \begin{pmatrix} . & . & . \\ . & V^T & . \\ . & . & . \end{pmatrix}.$$

Тогда выражение для получения температуры будет выглядеть так:

$$T_{ij} = \overline{T_{ij}} + \sum_i a_i U_{ij},$$
$$j = \overline{1,M}; i = \overline{1,N_1};\ N_1 < N,$$

где U – собственные вектора; a – некоторый коэффициент.

Таким образом, чтобы получить значение величины (какого-либо параметра атмосферы), необходимо вычислить среднее значение, полученное по многолетним данным и найти коэффициенты a, которые будут связаны с измеряемой функцией (спутниковым сигналом). Существуют различные способы реализации SVD-разложения. Необходимо найти среди них оптимальный по точности и быстроте.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ О ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ*

А.В. Зиновьев, студент; М.Ю. Катаев, науч. рук., д.т.н., проф.
г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, Kelast90@yahoo.com

Информация о земной поверхности требуется во многих сферах деятельности. Данные о земной поверхности могут потребоваться в задачах, как обработка спутниковых сигналов, построение модели реально существующих ландшафтов в графических симуляторах, и различных других. Для вычислений представляют интерес такие параметры земной поверхности, как рельеф, тип поверхности, тип почвы. По каждому из этих параметров существуют глобальные (охватывающие весь земной шар) базы данных различной точности и пространственного осреднения. Большинство из этих баз данных, таких как SRTM, ECOCLIMAP, Global Land, имеют различные форматы записи числовой информации. Цель данной работы – предоставить пользователю информацию о рельефе, типе почвы и типе поверхности в заданной им географической точке земной поверхности.

Для выполнения работы были использованы свободно распространяемые данные о земной поверхности, такие как SRTM(Shuttle radar topographic mission) – база высот земной поверхности, Global Land – база типов поверхности и база данных по почвам.

Для обеспечения удобства использования программного продукта были поставлены и решены следующие задачи: обеспечение быстродействия, удобное представление результата, анализ полученного результата.

Быстродействие программного продукта обеспечено использованием оригинального алгоритма обработки SRTM-данных. Основной идеей алгоритма является анализ координат следующей в очереди для обработки точки земной поверхности, что позволяет сократить затраты машинных ресурсов. Результат представляется в виде набора файлов с запрошенной информацией. Анализом информации являются процентное соотношение рельефов и почв и углы наклона и поворота поверхности slope и aspect.

В результате разработан продукт, с помощью которого можно по заданным координатам получить в удобном формате следующие данные: высоты для каждой точки, типы поверхности, типы почвы, углы наклона поверхности. Углы поворота поверхности. Процентное количество почв каждого типа, процентное количество типов поверхности.

* Работа выполнена в рамках проекта ГПО АСУ-0904.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГ СТУДЕНЧЕСКОГО ПРОЕКТА*

Д.Б. Мавлянова, М.А. Мулькова, Е.О. Харичкина, Н.В. Хван, студенты; М.Ю. Катаев, науч. рук., д.т.н., проф.
г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ

В рамках студенческого бизнес=инкубатора ТУСУРа уже 2 года развивается студенческий проект «Автоматизированная система процессно-ориентированного бюджетирования «Парад-М». Целью проекта является разработка программного продукта для сегмента малых предприятий для повышения роли управления.

Нашей основной деятельностью является поиск мер, позволяющих вывести проект на рынок. Для этого нами были выбраны различные направления, одним из которых является Интернет-маркетинг. В настоящее время Интернет-маркетинг стал популярным с расширением доступа к сети Интернет и является неотъемлемой частью любой маркетинговой компании.

Первоначальным этапом Интернет-маркетинга является выбор хорошего доменного имени. Имя должно быть таким, чтобы оно легко запоминалось. В нашем случае название ПАРАД-М было составлено из первых букв первоначальных участников проекта. Так же нами был разработан логотип, который играет важную роль в создании индивидуальности, и определяет успешную позицию проекта. Дизайн нашего логотипа отличается профессиональным исполнением и оказывает достойное влияние на зрителей, успешно выражая сущность нашего проекта. Создание логотипа был выбран исходя из основного принципа проекта: «Наша цель – Ваш успех».

Неотъемлемой частью Интернет-маркетинга являются рассылка писем, которая позволяет быть в постоянном контакте с клиентами, а также статьи, подписи, бесплатные услуги, развитие программы лояльности.

Отмеченные выше моменты позволят начинающим студенческим проектам правильно сформулировать основные шаги Интернет-маркетинговой деятельности студенческого предприятия.

* Работа выполнена в рамках проекта ГПО АСУ-0903.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

МЕТОДОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ*

Р.И. Уколов, П.А. Пяк, студенты;
М.Ю. Катаев, науч. рук., д.т.н., проф.
г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ

Организация эффективного управления предприятием или фирмой в настоящее время является одним из самых сложных и одновременно жизненно необходимых направлений деятельности руководителей. Эффективность и безопасность производства напрямую зависят и от степени оптимизации технологического цикла, используемого в производстве, и от того, насколько точно работники предприятия придерживаются этого цикла. Сложность организационной структуры крупных предприятий, а также большие объемы потоков документации делают наличие на предприятии автоматизированной системы управления жизненно необходимым для эффективного управления. Системы управления должны базироваться на бизнес-процессах, поэтому одна из первых задач, решаемых в ходе автоматизации – это описание бизнес процессов.

Разумеется, при описании бизнес-процессов предприятия необходимо придерживаться определенных правил (определенных стандартов), в противном случае созданное описание невозможно будет использовать. Самыми распространенными методологиями описания бизнес-процессов являются IDEF0 и BPMN, однако существуют и другие.

IDEF0 – методология функционального моделирования и графическая нотация, предназначенная для формализации и описания бизнес-процессов. Данная методология является развитием языка моделирования SADT.

BPMN – графическая нотация для моделирования бизнес-процессов, которая была разработана Business Process Management Initiative (BPMI) и поддерживается Object Management Group. BPMN не определяет формата файла, в котором можно сохранять описание и которым можно обмениваться, однако уже есть, как минимум, одна спецификация, описывающая этот формат, – это XPDL. XPDL позволяет хранить не только логику процесса, но и его графическое BPMN-представление.

В статье рассматриваются особенности методологий IDEF0 и BPMN, а также спецификация XPDL. В заключение доклада рассматривается процесс описания бизнес-процессов в системе «Парад-М», использующей методологию IDEF0.

* Работа выполнена в рамках проекта ГПО АСУ-0903.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА И АНАЛИЗ ЕГО ДВИЖЕНИЙ ПО ВИДЕОРЯДУ

Л.В. Широков, Ч.Б. Цыриторов, студенты 4-го курса;
М.Ю. Катаев, науч. рук., д.т.н., проф.
г. Томск, ТУСУР, corsar_89@mail.com, leon_ne@sibmail.com

В данное время существует или разрабатывается множество комплексов для распознавания объектов по видеоряду.

Целью нашей работы является создание программного комплекса, способного, получая изображение с веб-камеры, хотя подойдет и обычное записанное видео, на лету находить в видеоряде человека, составлять его 3D модель и проводить сравнительный анализ уже с имеющейся моделью поведения человека. Данный комплекс должен состоять из 3 частей:

1) поиск человека и построение его модели;

2) сравнительный анализ поведения человека с запрограммированной моделью;

3) создание сервиса, способного передавать информацию с удаленного терминала на сервер, где и будут производиться манипуляции с изображеием.

Данный комплекс, конечно же с небольшими модификациями, может быть использован в различных областях: спорт, медицина, обучение и пр.

Выделим 3 основные задачи: 1. Обработка изображений. 2. Характерные особенности человека и одежды. 3. Сети и передача данных.

1. Видеоданные – последовательность кадров, и обрабатывать их можно, работая как с каждым кадром (каждым вторым, третьим, …), так и именно с последовательностью. Видео может представляться либо в сжатом виде, либо в так называемом «сыром» RAW-формате. Первый из них подразумевает разумную скорость передачи по каналам связи, а второй – возможность обработки. Так или иначе, декодирование необходимо, и в дальнейшем будем предполагать работу именно с RAW-данными.

На этапе реализации задуманного в зависимости от выбранного пути могут понадобиться различные алгоритмы обработки изображений, такие как поиск контуров, выделение объекта на фоне, применение различных фильтров. И в этом случае имеет смысл не реализовывать заново эти алгоритмы, а воспользоваться открытыми библиотеками, такими как OpenCV или CImg – наиболее известными на сегодняшний момент.

2. Модель человека будет представляться как набор пространственных координат. Подразумевается, что на первом этапе программа

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

будет способна различать голову, туловище, руки и ноги как части единого организма. Конечно, человек может спрятаться, согнуться «калачиком», и что-либо разобрать будет сложно даже живому наблюдателю, но в проекте предполагается, что человек в кадре настроен на содействие. В связи с этим виртуальный наблюдатель способен различить человека на фоне определенной сложности и пояснить, в каком тот положении.

Для выявления объекта на кадре можно воспользоваться тем фактом, что человеческое тело, в общем, пропорционально, имеет ось симметрии и характерные признаки – части тела.

С другой стороны, если взглянуть на последовательность кадров, то с учетом специфики задачи (к примеру, распознавание ходьбы) можно рассматривать человека как колебательную систему со своими особенными, отличающимися от фона характеристиками.

3. Для реализации данного проекта необходимо написать клиентскую часть программы с определенным пользовательским интерфейсом, включающим необходимые функции для удобного использования программы и не требующего больших затрат ресурсов системы. Клиентская часть будет осуществлять передачу данных с сервером посредством TCP/IP протокола. Через Веб-браузер будет реализовано взаимодействие клиентской программы с сервером приложений. Для анализа математической модели и выполнения различных вычислений и преобразований будет написано программное обеспечение, которое будет развернуто на сервере приложений.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Н.В. Замятин, А.В. Дунаев, О.С. Голышева
г. Томск, ТУСУР, ОАО «НПЦ «Полюс»

Для автоматизации процесса разработки программного обеспечения (ПО) создана унифицированная система «Лотос». Унификация процесса разработки обеспечивается благодаря интеграции компонентов в одну информационную систему и повторному использованию универсальных модулей в различных проектах.

Взаимодействие компонентов системы «Лотос» представлено на рис. 1.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

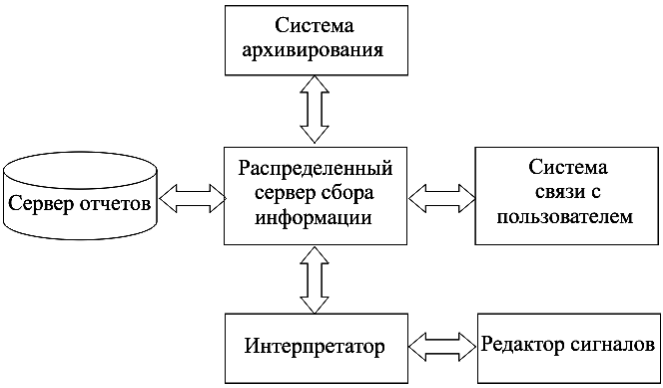


Рис. 1. Структурная схема компонентов системы «Лотос»

Компоненты системы «Лотос» обеспечивают выполнение следующих функций:

– подготовка входных данных;

– автоматизация проведения испытаний в режиме реального времени;

– непрерывный мониторинг состояния объекта контроля;

– формирование протоколов испытаний.

Разработка системы «Лотос» обеспечила более эффективное разделение труда программистов с выделением ветки разработчиков самой системы и ветки разработчиков циклограмм испытаний приборов и входных данных для этой системы.

Однако несмотря на преимущества использования системы «Лотос», при отладке ПО на реальном приборе бывает сложно выявить истинную причину возникновения ошибок. Часто они вызваны сбоями в работе самого прибора. В этом случае он отправляется на доработку, и при изменении каких-либо режимов или параметров возникает необходимость корректировки ПО, что требует дополнительных затрат ресурсов и времени.

Этого можно избежать, создав виртуальную модель работы прибора и отладив ПО на этой модели.

Пример взаимодействия системы «Лотос» с виртуальной моделью объекта испытаний представлен на рис. 2.

Виртуальная модель объекта испытаний создается в пакете программ для автоматизированного проектирования электронных схем Proteus. Его связь с системой «Лотос» осуществляется посредством введения в нее специального компонента, реализующего ввод/вывод аналоговых сигналов в среду моделирования Proteus и передачу этих

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

сигналов распределенному серверу ввода/вывода в виде доступных для использования переменных. Путем задания в циклограмме воздействий на схему прибора и контроля его реакций через данный компонент проводятся испытания прибора (его виртуальной схемы) и отлаживается алгоритм проверок.

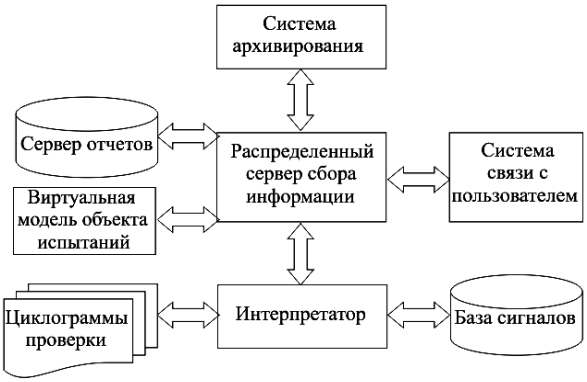


Рис. 2. Структурная схема испытаний с использованием виртуальной модели

Преимущество виртуальной модели заключается в том, что процесс моделирования позволяет представить всю схему взаимодействия устройств прибора, выбрать необходимые режимы работы и параметры, а также произвести отладку ПО. При этом можно корректировать виртуальную модель, изменяя конфигурацию устройств и их параметры параллельно с отладкой ПО. Это экономит время и улучшает качество разработки.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОГО МОДУЛЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫМИ ФОНДАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

М.А. Горькавый, аспирант; В.А. Соловьев, науч. рук., д.т.н., проф.
г. Комсомольск-на-Амуре, КнАГТУ, каф. ЭПАПУ, idpo@knastu.ru

На современном этапе развития науки, техники и технологий в условиях реализации инновационных изменений для достижения требуемого уровня эффективности деятельности промышленного предприятия и обеспечения конкурентоспособности его продукции большое внимание уделяется вопросам совершенствования и оптимизации автоматизированных систем управления предприятием (АСУП).

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Одним из ключевых классов процессов уровня управления предприятием являются управление основными фондами и, в частности, техническое обслуживание, ремонт (ТОиР) и модернизация оборудования. Для создания таких систем используется программное обеспечение класса EAM (Enterprise Asset Management) либо одноименный модуль в составе ERP (Enterprise Resource Planning) системы.

На Комсомольском-на-Амуре металлургическом предприятии ОАО «Амурметалл», имеющем большой объем основных производственных фондов, в которых значительную часть занимает разнообразное технологическое оборудование со своим жизненным циклом, со своим регламентом эксплуатации, обслуживания и ремонта, разработка и внедрение системы управления ТОиР и модернизации оборудования становится задачей первостепенной важности.

Сложность создания качественной и эффективной системы управления ТОиР и модернизацией оборудования в рамках АСУП обусловлена высокой размерностью задачи и необходимостью разработки и принятия решений в условиях неопределенности. Таким образом, чтобы внедрение системы управления ТОиР и модернизацией оборудования дало положительный результат, ее функционирование должно основываться на огромном количестве достоверных фактических данных об оборудовании, контролируемых параметрах, нормативах и т.д. Для решения данной задачи и обеспечения успешного функционирования EAM системы на кафедре ЭПАПУ КнАГТУ совместно со специалистами предприятия ведутся разработки гибких и эффективных методик диагностирования, прогнозирования состояния оборудования, способов формирования объективных знаний, другими словами, ведутся разработки инфраструктуры первоначальной обработки информации, ее структурирования, классификации и систематизации для последующей передачи в систему EAM.

Необходимо отметить, что в отличие от локальных автоматизированных систем управления (АСУ) и АСУ технологическими процессами (АСУТП), где исходной информацией для управления служат показатели контрольно-измерительного оборудования либо косвенные показатели наблюдающих устройств – точные, детерминированные данные, в процессе автоматизированного управления ТОиР и модернизацией оборудования (процесс уровня АСУП), который по своей сути является человеко-машинной системой, помимо точных данных, присутствует большая доля неточных, нечетких данных.

Данные такого рода возникают в результате интеллектуальной деятельности людей (сотрудников предприятия). Неточность и нечеткость данных обусловлены субъективизмом, присущим лицу, принимающему решение (ЛПР), в качестве которого может выступать как

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

отдельный сотрудник, так и группа сотрудников. В процессе принятия решения ЛПР опирается не только на объективные (точные) данные (например, показания приборов или предписания технологических инструкций), но и использует свой собственный жизненный опыт, свои знания, навыки, умения, интуицию и т.д. В силу того, что личностные качества у различных сотрудников различны, сделанные ими выводы, основанные на одних и тех же исходных объективных (точных) данных, в какой-то мере могут отличаться, быть близкими или радикально противоположными. Совокупность личностных характеристик сотрудника (знания, опыт, интуиция и т.д.) определяет его компетентность, а именно компетентность сотрудника является определяющим показателем в вопросе качества управленческого решения.

Таким образом, для создания АСУ ТОиР и модернизации оборудования также необходима система оценки и формирования компетентности персонала, вовлеченного в этот процесс. В качестве ядра такой системы предлагается использовать экспертную систему (ЭС), знания которой формируются исходя из анализа интегральных характеристик технологического оборудования и требований, предъявляемых к его эксплуатации и обслуживанию. В рамках ЭС для оценки компетентности сотрудников авторами была разработана методика синтеза модели компетенций, использующей в качестве математического аппарата теорию нечетких множеств. Экспертная система позволяет формировать требования к компетентности сотрудников, оценить их компетентность, определить степень рассогласования между эталонной моделью и фактическим значением оценки, а также определить способы устранения полученного рассогласования, т.е. определить способы формирования требуемой компетентности, что в свою очередь повысит эффективность АСУ ТОиР и модернизации оборудования.

АППРОКСИМАЦИЯ ЗАВИСИМОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ МАКСИМУМА ОГИБАЮЩЕЙ СПЕКТРА ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАДИОИМПУЛЬСА

Н.А. Косарев, Е.С.Тимонов, В.Н. Булатов, д.т.н.
г. Оренбург, Оренбургский государственный университет,
nikita_kosarev@mail.ru

При решении задач в области радиотехнических информационно-измерительных систем существует проблема измерения несущей частоты радиоимпульса в условиях сильной аддитивной помехи, близкой по своим характеристикам к белому шуму. Проблему измерения несу-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

щей радиоимпульса можно решить по определению местоположения глобального максимума модуля спектра этого радиоимпульса, если этот максимум «возвышается» над уровнем спектра помехи. При этом необходимо решить научную задачу, связанную с выявлением зависимости положения указанного максимума от величины несущей радиоимпульса и момента его завершения.

В качестве модели радиоимпульса можно взять отрезок гармонической функции, определенный на положительном интервале времени $|t| \le \tau$:

$$\xi(t) = u \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi), \qquad (1)$$

где τ – время анализа сигнала.

Спектральная характеристика функции (1) вычисляется с использованием интеграла Фурье:

$$S(\omega) = \int_0^{\tau} \xi(t) \cdot e^{-j \cdot \omega \cdot t} dt .$$

Определим глобальный максимум модуля спектра с использованием численных методов. Простейший из них – метод использующий сортировку выборок значений модуля спектра при различных значениях времени τ. Алгоритм данного метода показан на рис. 1.

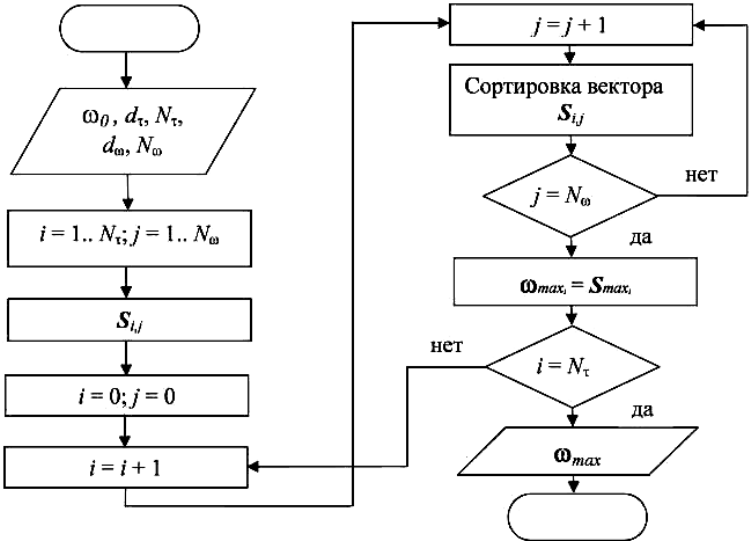


Рис. 1

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Используя данную методику анализа модуля спектра сигнала, показанного в (1), была получена зависимость частоты ω_{max} местоположения глобального максимума от длительности τ и частоты ω_0, которая представлена на рис. 2. С целью получения универсальной методики анализа и поиска глобального максимума спектра временная ось нормирована относительно периода сигнала (1), равного $T_0 = 2\pi/\omega_0$.

В результате была найдена функция аппроксимации (2), которая определена на двух интервалах, от нуля до точки $a = 1{,}974/\omega_0$, где $e_{appr}(t) = 0$, и от точки b, равной $b = 2{,}5/\omega_0$:

$$e_{appr} = \omega_0 \cdot e_{ogib}(v) \cdot e_{cos}(v) \cdot e_{tg}(v) - \omega_0, \qquad (2)$$

где $e_{ogib}(v) = 1{,}5831 \cdot 0{,}0276^{0{,}4259 \cdot (m - 2{,}4262)^{0{,}3938}} + 0{,}001,$

$$e_{cos}(v) = \cos(2 \cdot v + 1) + 0{,}5,$$

$$e_{tg}(v) = 0{,}38 \cdot \mathrm{tg}(v + 1{,}0236) + 0{,}3$$

$$v = \tau \cdot \omega_0 / 2\pi = 1/m.$$

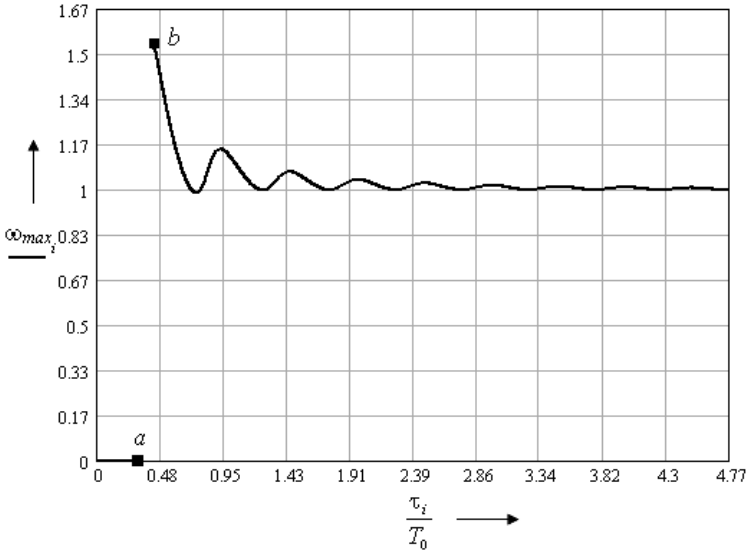


Рис. 2

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Полученная функция (2) позволяет оценить погрешность $\Delta = \left| e_{\text{appr}} - \omega_0 \right|$, определения несущей частоты радиоимпульса по максимуму огибающей спектра на интервале времени измерения $t > b$ с максимальной погрешностью +3,2 и –4,4%.

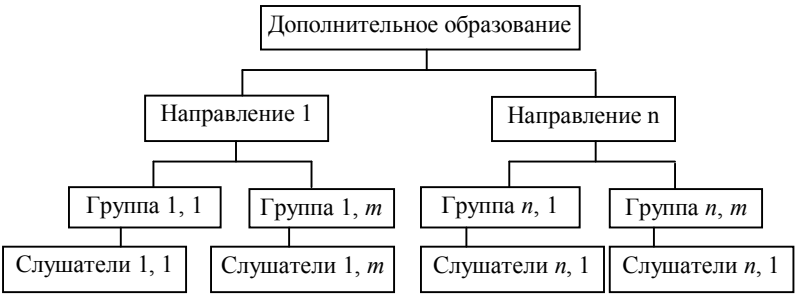
АВТОМАТИЗАЦИЯ ВНЕБЮДЖЕТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ВУЗА: ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УСЛУГИ*

А.А. Лощинова, О.С. Жеребцова, студентки;
М.В. Григорьева, доцент
г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, 445-LAA@mail.ru

В настоящее время большинство вузов стремятся к привлечению дополнительных источников финансирования. Одним из решений этой проблемы является оказание платных образовательных услуг (по официальным статистическим данным, доходы вузов выросли с 74,12% в 2006 г. до 85,75% в 2009 г.). Бюджетные учреждения осуществляют свою деятельность на основании сметы доходов и расходов в соответствии с Бюджетной классификации РФ, и дополнительное образование не является исключением.

В этом случае возникает проблема учета и распределения поступивших внебюджетных денежных средств (доходы от оказания платных услуг и прочие доходы), расчета себестоимости услуг и начисления заработной платы сотрудникам.

Предлагается анализировать доходы и расходы, представив объекты, на которые они направлены в виде иерархии (рисунок).



Иерархическая схема объектов затрат

* Работа выполнена в рамках проекта ГПО АСУ-0802.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Доходы от оказания платных услуг формируются из денежных средств, поступающих от предоставления услуг слушателям. Учет данного дохода ведется на основании оплат согласно договору. Доход относится на определенный объект затрат и отражает целостную картину поступления средств от предоставления платных образовательных услуг.

Расчет себестоимости услуг необходимо проводить на основе анализа прямых и накладных затрат на оказание услуг. К прямым затратам относятся оплата труда с выплатами в страховые фонды непосредственных исполнителей работ и услуг, материальные затраты, необходимые для их производства, а также другие затраты, которые могут быть непосредственно по прямому назначению отнесены на объект учета затрат; к накладным расходам – оплата труда с учетом выплат в страховые фонды административного и обслуживающего персонала, коммунальные платежи и услуги связи, затраты на ремонт и приобретение оборудования, текущий и капитальный ремонт здания, транспортные расходы, командировки, повышение квалификации и др.

Из многочисленных методов калькулирования затрат для образовательных учреждений наиболее приемлемым является определение себестоимости единицы услуги путем распределения косвенных затрат на объекты затрат.

Разрабатываемая нами автоматизированная система управления (АСУ) для подразделения вуза позволяет вести учет доходов и расходов для каждого из объектов представленной иерархии. Кроме того, нами был определен перечень конкретных статей затрат, их состав и методы распределения по видам услуг в соответствии с отраслевыми методическими рекомендациями по вопросам планирования учета и калькулирования себестоимости.

Система позволяет распределять доходы и расходы на все объекты иерархии по статьям затрат, а так же планировать дальнейшие доходы и расходы. Отдельно в системе реализована функция расчета и начисления заработной платы персоналу.

Благодаря тому, что АСУ реализована на платформе 1С: Предприятие, она обладает достаточной гибкостью по сравнению с готовыми аналогами на рынке. Кроме того, система легко настраивается под конкретное подразделение и не требует специального сопровождения в процессе эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бюджетный* кодекс Российской Федерации: Федер. Закон РФ от 31.07.1998 №145-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 1998. 12 авг.

2. *Запорожец Н.В.* Анализ практики формирования цен образовательными учреждениями // Университетское управление [Электронный ресурс]. Электронный журнал. 2004. Вып. 9. Режим доступа к журн.: http://www.umj.ru.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ СПУТНИКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

А.К. Лукьянов, студент; М.Ю. Катаев, науч. рук., д.т.н., проф.
г. Томск, ТУСУР, hyena116@mail.ru

В настоящее время существует обеспокоенность в связи с возможным глобальным потеплением. Одной из его причин считается увеличение количества парниковых газов в атмосфере. В связи с этим, важно установить источники выбросов парниковых газов и долю каждого источника, концентрацию в каждой точке атмосферы и их поведение.

Замеры концентрации парниковых газов ведутся не везде, и картина плотности распределения их выбросов неполна. Исследование со спутника позволит охватить практически весь земной шар.

Методы изучения Земли из космоса относятся к высоким технологиям, так как используется сложная ракетная техника, оптикоэлектронные приборы, компьютеры, с одной стороны, а с другой – применяются сложные подходы к получению, обработке и интерпретации данных дистанционного зондирования.

Становится очевидной задача разработки программного обеспечения, которое будет заниматься предварительной обработкой, анализом и интерпретацией поступающих. Это и является основной целью научно-исследовательской работы – разработка инструментальной системы обработки данных дистанционного зондирования.

Термин «дистанционное зондирование» означает зондирование поверхности Земли из космоса с использованием свойств электромагнитных волн, излучаемых, отражаемых или рассеиваемых зондируемыми объектами, с целью улучшения распоряжения природными ресурсами, совершенствования землепользования и охраны окружающей среды.

Дистанционные методы делятся на активные и пассивные. При использовании активных методов спутник посылает на Землю сигнал собственного источника энергии (лазера, радиолокационного передатчика) и регистрирует его отражение. При пассивных методах регистрируется отраженная поверхностью энергия Солнца либо тепловое излучение Земли. В работе предполагается, что используются именно пассивные методы дистанционного зондирования. При пассивном методе источником электромагнитного излучения в ДЗ является Солнце. Излучение Солнца рассеивается, поглощается атмосферой, отражается поверхностью (рис. 1).

Задачей работы является написание программы моделирования и обработки сигнала спутника GOSAT (Японское космическое агентст-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

во) с целью восстановления общего содержания газов CO_2 и CH_4 и их высотных профилей концентрации. Программа должна в режиме моделирования и обработки обладать высокой точностью и скоростью расчета. Для этого программа должна быть реализована на кластере и написана в параллельной парадигме.

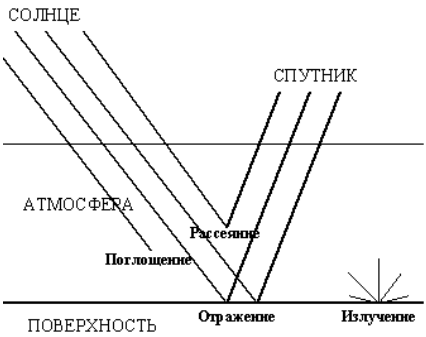


Рис. 1. Трансформации электромагнитного излучения в дистанционном зондировании

Программа должна обеспечивать реализацию следующих задач.

Прямая задача. Расчёт спутникового сигнала при известной концентрации парниковых газов, аэрозолей, типов поверхности и рельефа в глобальных масштабах Земли и времени в течение года при помощи различных подходов (программ).

Обратная задача. Расчёт общего содержания и высотного профиля концентрации парниковых газов с использованием как модельных, так и реальных спутниковых сигналов при помощи различных методов обработки (нейронные сети, оптимального оценивания и др.).

Анализ:

а) точности расчета спутникового сигнала;

б) погрешности восстановления общего содержания и профиля концентрации парниковых газов;

в) влияние тех или иных параметров задачи на востановление информации о газовом составе атмосферы.

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Н.В. Мамонова, аспирант

г. Новосибирск, Новосибирский государственный технический университет, natalia_m7@ngs.ru

В современных экономических условиях эффективное решение задачи стратегического планирования деятельности предприятия является залогом дальнейшего успешного развития бизнеса.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Постоянный рост объема анализируемых корпоративных данных, глобализация рынков, территориально распределенная структура предприятий требует новых подходов к построению системы стратегического планирования, включая задачу автоматизации всех этапов формирования, реализации и оперативной корректировки стратегии развития деятельности предприятия.

Распределенная информационно-аналитическая система стратегического планирования деятельности предприятия представляет собой программный инструмент поддержки сбора, консолидации, обработки и комплексного анализа больших массивов корпоративных данных для принятия управленческих решений в рамках формирования стратегии развития предприятия.

Система поддерживает реализацию основных этапов формирования и управления стратегией развития предприятия в части:

– анализа текущего положения предприятия в разрезе эффективности реализации производимой продукции (услуг);

– анализа конкурентной рыночной среды на основе данных маркетинговых исследований;

– формулировки причин низкой эффективности продуктово-рыночных направлений;

– формирования стратегических целей по результатам анализа текущего положения компании и тенденций развития;

– формирования альтернатив стратегии достижения поставленных целей;

– оценки, моделирования альтернативных стратегий и выбора наилучшей из них;

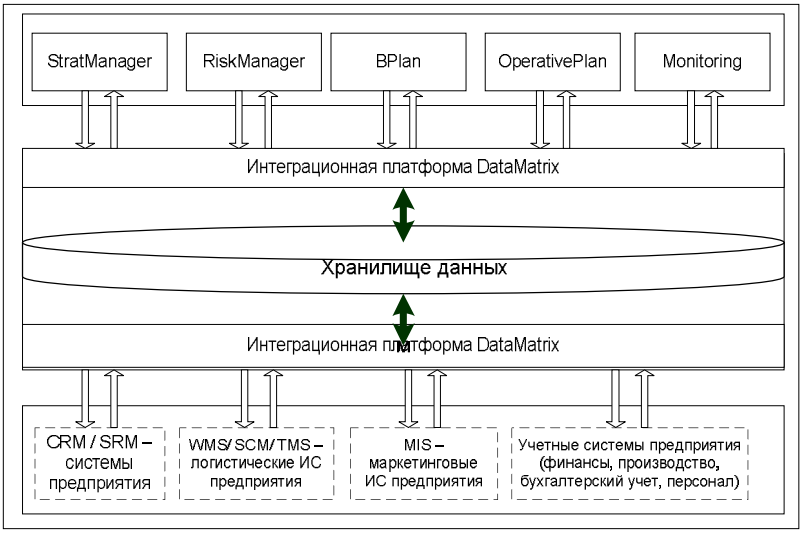
– контроля, оперативного управления процессом внедрения стратегии.

В соответствии с рассматриваемыми этапами предлагается схема взаимодействия программных модулей информационно-аналитической системы, которая представлена на рисунке.

Локальный уровень корпоративных информационных систем объединяет в себе существующие на предприятии механизмы сбора, обработки и анализа исходных данных для принятия стратегических решений в разрезе отдельных структурных подразделений компании (сбыт, снабжение, маркетинг, логистика, производство, бухгалтерия и финансы).

В основе системы лежит интеграционная платформа DataMatrix, которая отвечает за консолидацию, первичную обработку больших массивов сложноструктурированных корпоративных данных информационных систем локального уровня, а также осуществляет анализ на корректность, целостность и полноту исходных данных для целей стратегического планирования.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



Структура взаимодействия программных модулей информационно-аналитической системы

Стратегический уровень программного решения включает в себя пять ключевых модулей – StratManager, BPlan, RiskManager, OperativePlan, Monitoring, которые позволяют реализовать основные задачи стратегического планирования деятельности предприятия:

– StratManager – формулировка альтернативных стратегий и моделирование процесса их реализации с выбором наилучшей;

– BPlan – формирование бизнес – плана развития предприятия на основе параметров выбранной стратегии;

– RiskManager – оценка рисков реализации выбранной стратегии;

– OperativePlan – планирование деятельности каждого подразделения в рамках целевых показателей стратегии развития;

– Monitoring – оперативное управление реализацией стратегии, корректировка целевых показателей при изменении характеристик внешней и внутренней среды предприятия.

Реализация программных модулей осуществляется в среде Microsoft Visual Studio 2005 с использованием реляционной СУБД Microsoft SQL Server 2005.

В соответствии с поставленными целями были сформулированы и решены следующие задачи:

– разработаны функциональные алгоритмы системы на основании типовых моделей ключевых бизнес-процессов стратегического плани-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

рования и единой методики формирования стратегии развития предприятий;

– сформированы архитектура информационной системы, структура функциональных программных модулей и порядок их взаимодействия;

– разработаны требования к механизмам и порядку интеграции распределенной структуры информационной системы с различными корпоративными информационными системами на основании единой интеграционной платформы программного решения;

– проведена частичная реализация программных модулей стратегического уровня.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Цыгичко В.Н.* Введение в теорию статистически ненадежных решений. М.: КомКнига, 2007. 280 с.

2. *Титова В.А., Цой М.Е., Мамонова Е.В.* Управление маркетингом. Учебное пособие. Н.:НГТУ, 2005. 484 с.

3. Mamonova Natalia V., Mamonov Vladimir I**.** Models and Methods of Enterprise Strategic Planning Automation // The Third International Forum on Strategic Technology (IFOST-2008): Proceedings–Novosibirsk. 2008. June 23–29. Novosibirsk: NSTU, 2008. P. 322–324.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СЕКЦИЯ 7

ОПТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАНОФОТОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

*Председатель – **Шарангович С.Н.**, зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н., доцент;*
*зам. председателя - **Буримов Н.И.**, к.т.н., доцент каф. ЭП*

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СПЕКТРА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ИТТЕРБИЙ-ЭРБИЕВОГО СТЕКЛА

М.Ю. Аверкина, Н.С. Басько,
Р.К. Нурыев, студенты 5-го курса
г. Санкт-Петербург, СПбГУ ИТМО, каф. ОТиМ, brine@mail.ru

Благодаря быстрому прогрессу в развитии оптоэлектроники широкое распространение получили оптоволоконные системы для высокоскоростной передачи, приёма, обработки и хранения информации. В связи с этим появилась потребность в разработке новых материалов для ее элементов. Одним из важнейших компонентов для создания элементов интегральной и волоконной оптики является стекло. Большой интерес представляют стекла, активированные ионами редкоземельных элементов [1, 2].

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований люминесценции иттербий-эрбиевого стекла при воздействии температуры.

В экспериментах исследовался нетермообработанный стеклянный образец, активированный ионами эрбия с концентрацией 0,05%. Люминесценция эрбия возбуждалась излучением полупроводникового лазера с длиной волны λ=980 нм и мощностью накачки P=120 мВт. Спектры люминесценции образца регистрировались в диапазоне 500–580 нм при помощи монохроматора с шагом 0,1 нм. Эволюция спектров люминесценции регистрировалась при фиксированных значениях температуры в диапазоне от 25 до 400 °C с шагом 50 °C. Нагрев образца осуществлялся в термоячейке, температура которой задавалась с помощью программатора и контролировалась термопарой.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

В результате проведенных исследований были получены зависимости отношения интенсивности пиков люминесценции при различной температуре и постоянной мощности накачки в 120 мВт. В экспериментах наблюдалось смещение максимумов интенсивности пиков относительно друг друга при увеличении температуры (рис. 1).

Зависимость отношения пиков люминесценции от температуры для образца представлена на рис. 2.

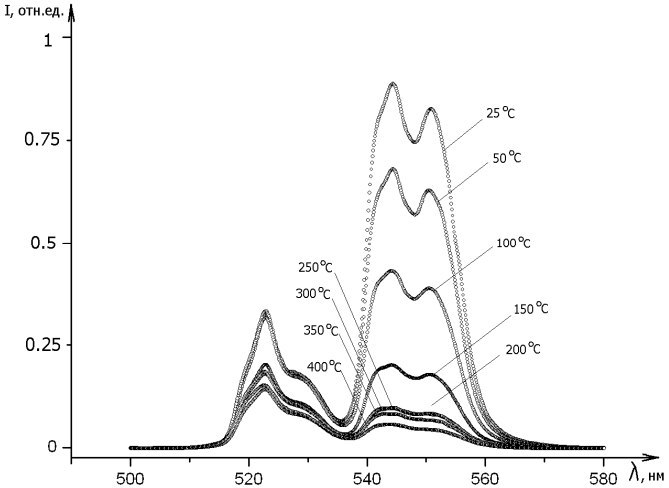


Рис. 1. Экспериментальные зависимости люминесценции при изменении температуры от 25 до 400 °C

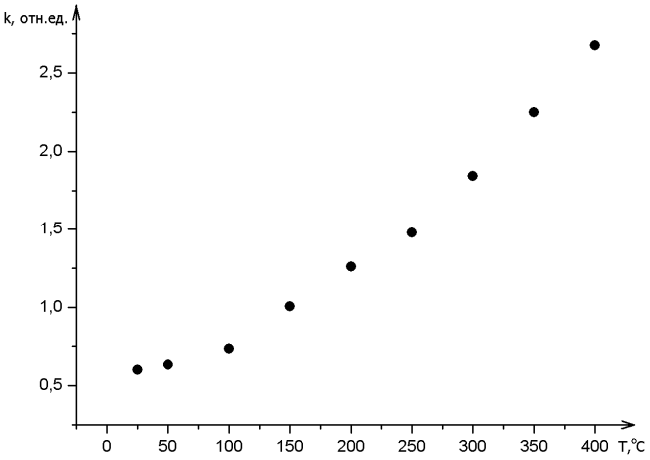


Рис. 2. Зависимость отношения интенсивности пиков люминесценции от температуры

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Установлено, что при увеличении температуры происходит искажение спектров люминесценции, а также изменение отношения пиков люминесценции на 523 и 548 нм. Причиной изменения отношения пиков люминесценции является нарушение равновесия электронных переходов между подуровнями иона эрбия. Полученные результаты можно использовать для создания температурных датчиков, при этом экспоненциальная зависимость отношения пиков люминесценции от температуры позволяет рассчитывать для данного материала градуировочную шкалу для определения температуры в широком диапазоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Джексон Р.Г.* Новейшие датчики. Москва: Техносфера, 2007. 384 с.
2. *Окоси Т. и др.* Волоконно-оптические датчики. Пер. с яп. Л.: Энергоатомиздат, 1990. 256 с.

РАЗРАБОТКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕЛЕЙ

К.С. Калугин, магистрант каф. ФЭ;
А.А. Вилисов, нач. лаб. оптоэлектроники ОАО НИИПП, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, Kir402@mail.ru

Использование полупроводников в освещении – это одно из перспективных направлений. Преимуществ полупроводников перед лампами накаливания множество: это низкое энергопотребление; это малые габаритные размеры; более высокий срок службы и т.д. Основным недостатком на сегодняшний момент является более высокая стоимость полупроводниковых осветительных устройств по сравнению с обычными лампами накаливания.

Использование осветительных приборов в нашей жизни стало вещью обыденной. Они используются дома, на работе, на улице, а также в медицине.

При помощи ультрафиолета обеззараживают помещения и продукты питания. Видимый свет способен благотворно влиять на физическое и психологическое состояние человека.

Уже сейчас разработаны приборы, использующие свет для лечения значительного ряда заболеваний, такие как: «Геска 1», «Геска 2», «Виза», «Аист» и т.д. [1].

Совсем недавно было доказано, что при помощи света происходит синхронизация биологических часов человека. В 2002 г. Девид Берсон, ученый университета Браун в США, обнаружил третий рецептор на сетчатке глаза. Этот третий рецептор не передает визуальной информации, а предназначен для передачи информации о параметрах

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

световых импульсов через биологическую связь. Нервная связь проходит через гипофиз, который влияет на выделение гормонов стресса в коре надпочечника и гормонов сна в шишковидной железе.

Удалось установить, что эпофиз шишковидной железы при низких или незначительных условиях освещения стимулирует выделение гормона сна мелатонина. При больших количествах вертикального света выделение мелатонина блокируется и вместо этого поступают сигналы в кору надпочечника, который выделяет гормон стресса корнизол, увеличивающий чувство бодрости.

В естественных условиях в течение дня происходит чередование выработки гормонов: ночью мелатонина, а днем корнизола. В наше время происходит сбой этого ритма в связи с использованием осветительных устройств в ночное время. Подобные сбои в суточном ритме выработки гормонов негативно влияют на организм человека: расстройство сна, плохое эмоциональное состояние, ослабевает иммунная система, увеличивается риск развития раковых заболеваний [2].

Подобное открытие дает возможность создания прибора для правильной синхронизации биологических часов при помощи света. В статье обсуждаются результаты создания полупроводниковых источников света для формирования комфортной световой среды человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вилисов А.А.* Светодиодные аппараты для биологии и медицины // Электронная промышленность. 1998. №1–2. С. 19–25.

2. Интернет-статья: «Свет и здоровье – Научное исследование» // www.fagerhult.ru/planering/planering/studie.doc.

3. *Шуберт Ф.Е.* Светодиоды: Пер. с англ. под. ред. А.Э. Юновича. 2-е изд. М.: Физматлит, 2008. 496 с.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА В ОДНОМЕРНОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ВОЛНОВОДНОЙ СТРУКТУРЕ СО СЛУЧАЙНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

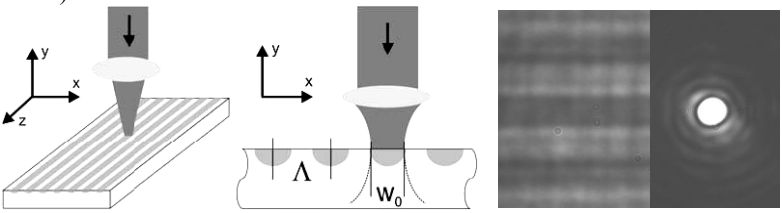
А.В. Каншу[1], м.н.с.; В.М. Шандаров[1], проф.;
К. Хаунхорст[2], н.с.; Д. Кип[2], профессор
[1] г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧиКР, 151kav@ms.tusur.ru;
[2] Германия, Университет Гельмута Шмита

Периодические среды проявляют ряд характерных свойств при распространении в них электромагнитных волн, которые не присущи

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

непрерывным средам. Эти явления были достаточно широко и глубоко изучены в последние десятилетия. При введении в такую среду некоторой «величины беспорядка» распространение электромагнитного излучения в ней может измениться коренным образом. В частности одна из таких задач была рассмотрена и описана Андерсоном [1], а решение известно в физике твердого тела как Андерсоновская локализация. Одним из примеров периодической среды является система связанных канальных оптических волноводов. Нами экспериментально исследовано распространение света в одномерной периодической волноводной структуре со случайной модуляцией показателя преломления в поперечном направлении и продемонстрирован эффект локализации в ней оптического излучения.

В экспериментах использован образец $LiNbO_3$:Fe, в котором диффузией Ti создана волноводная структура с периодом Λ=7,6 μm и шириной канала W_0 = 4 μm. Оптические неоднородности создавались сфокусированным лазерным пучком [2] с λ = 532 нм и шириной пучка в области перетяжки, примерно равным ширине волноводного канала (рис. 1).



а *б*

Рис. 1. Схематическое изображение формирования оптических неоднородностей (*а*) и экспериментальная фотография настройки пучка, записывающего оптический дефект (*б*)

Сфокусированный пучок перемещался строго параллельно волноводным каналам с постоянной скоростью. Для формирования оптических неоднородностей скорость перемещения пучка в разных каналах менялась случайным образом в диапазоне от 4 до 80 мкм/с, а его мощность менялась от 0 до 44 мВт. Таким образом создавалось случайное распределение оптического потенциала в периодической структуре, что соответствует модели Андерсона для случая одномерной оптической среды.

Для исследования сформированной структуры использовался стандартный метод торцевого возбуждения волноводов [3]. На рис. 2 изображено распределение интенсивности света на выходной поверхности волноводной структуры при одноканальном возбуждении для

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

случаев: *а* – структуры, свободной от дефектов; *б*, *в* – с дефектами средней величины; *г*, *д* – с дефектами, приводящими к сильному изменению потенциала исходной структуры $\delta n \sim 10^{-4}$ [4].

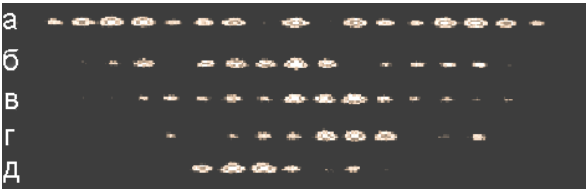


Рис. 2. Распределение интенсивности света на выходной поверхности образца с различной степенью разупорядочения структуры

Как видно из рис. 2, распределение света на выходе образца является статистическим процессом, поэтому для сравнения волноводных структур с разной степенью изменения показателя преломления (величиной дефекта) имеет смысл говорить об усреднённом распределении интенсивности <*I*>. Для этого в решётке были промодулированы случайным образом 50 каналов и сравнивалось усреднённое нормированное распределение интенсивности для 30 центральных каналов.

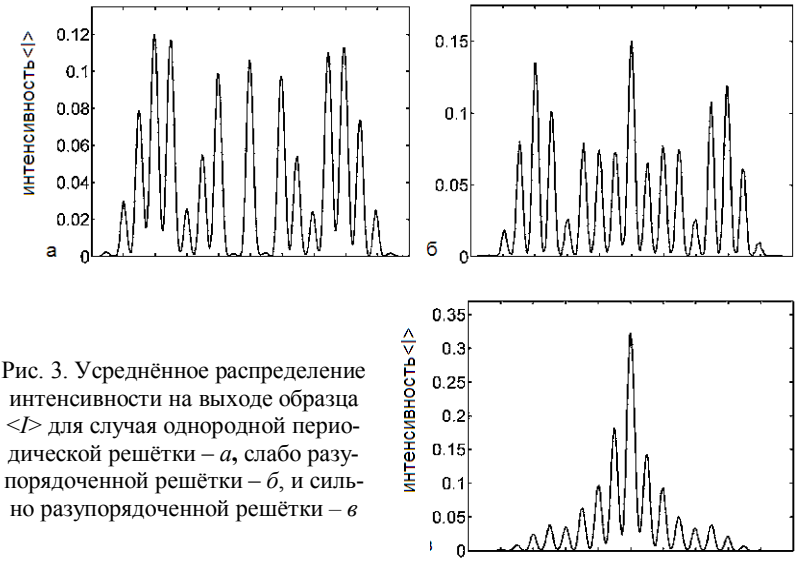


Рис. 3. Усреднённое распределение интенсивности на выходе образца <*I*> для случая однородной периодической решётки – *а*, слабо разупорядоченной решётки – *б*, и сильно разупорядоченной решётки – *в*

В зависимости от максимальной величины изменения показателя преломления можно наблюдать различную степень локализации света на выходе образца (рис. 3). На рис. 3, *б* каналы записывались со скоро-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

стью $V = 80$ мкм/с и мощностью от 0 до 44 мВт. Для такой неоднородной решётки энергия начинает локализоваться в центральной части, что отражается в увеличении центрального пика по сравнению с распределением для немодулированной волноводной структуры (см. рис. 3, *а*). При дальнейшем уменьшении скорости перемещения светового пучка вдоль волноводного канала (увеличение глубины модуляции, более сильный оптический дефект) можно достичь состояния Андерсоновской локализации. Рисунок 3, *в* ($V = 20$ мкм/с) демонстрирует это состояние, о чём свидетельствует экспоненциальное распределение интенсивности на выходной плоскости образца.

Таким образом, нами исследованы характеристики дискретной дифракции света в волноводных структурах со случайным изменением показателя преломления в поперечном направлении. Экспериментально продемонстрировано, что характер дискретной дифракции при изменении глубины модуляции поперечного профиля структуры (степени ее дефектности) меняется от типичного для периодической волноводной структуры до отвечающего Андерсоновской локализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Anderson P.W.* Absence of Diffusion in Certain Random Lattices // Phys. Rev. 1958. Vol. 109, P. 1492.

2. *Braun P.V., Rinne S.A., Garcia-Santamaria F.* Introducing defects in 3D photonic crystals: state of the art // Adv. Mater. 2006. Vol. 18. P. 2665.

3. *Кившарь Ю.С., Агравал Г.П.* Оптические солитоны. М.: Физматлит, 2005. 648 с.

4. *Kanshu A., Rüter C.E., Kip D., Shandarov V.* Optically-induced defect states in photonic lattices: formation of defect channels, directional couplers, and disordered lattices leading to Anderson-like light localization // Appl. Phys. 2009. B 95. P. 537.

ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА*

Р.С. Ким, студент 5-го курса; Л.А. Кабанова, А.А. Колегов, аспиранты; С.С. Шмаков, магистрант

г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, kolegov@sibmail.com

В данной работе представлены результаты исследования частотной характеристики голографического интерферометра [1, 2] на основе встречного взаимодействия света с длиной волны 633 нм (He-Ne лазер

* Работа выполнена при финансовой поддержке программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 гг.)».

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

мощностью 20 мВт) в кристалле титаната висмута $Bi_{12}TiO_{20}$:Cu, Fe среза (100) с толщиной d = 1,15 мм.

Принцип работы голографического интерферометра заключается в следующем. При встречном взаимодействии лазерных пучков (I_S и I_P на рис. 1) в кристалле формируется отражательная динамическая голограмма. Одновременно с формированием голограммы на ней происходит дифракция лазерных пучков. На выходе из кристалла происходит интерференция каждого из прошедших кристалл пучков с одним из дифрагировавших пучков, т.е. пучок I_{P0} интерферирует с I_{S1}, а I_{S0} – с I_{P1} (см. рис. 1). Суммарную интенсивность прошедшего через кристалл сигнального пучка можно представить в следующем виде:

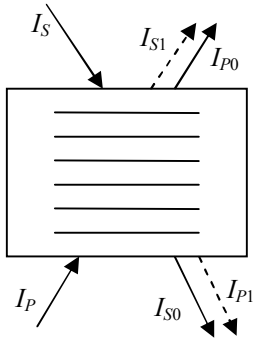


Рис. 1. Принцип работы голографического интерферометра

$$I = I_0 + 2\sqrt{I_{S0} I_{P1}} \cos\Delta\varphi ,$$

где I_0 – сумма интенсивностей пучков I_{S0} и I_{P1}.

Если входной сигнальный пучок I_S имеет фазовую модуляцию,

$$\Delta\varphi = \varphi_0 + \varphi_m \cos\Omega t ,$$

то выходная интенсивность будет амплитудно-модулированной на частотах $n\Omega$, кратных частоте модуляции, со спектральным распределением глубины модуляции $M^{(n)} = m(n\Omega)$, зависящим от значения φ_0. Таким образом, в голографическом интерферометре осуществляется демодуляция фазово-модулированных световых пучков.

В настоящей работе эксперименты проводились на установке, схематично изображенной на рис. 2. Фазовая модуляция сигнального пучка осуществлялась при помощи зеркала *6*, приклеенного к пьезокерамическому цилиндру, на который подавался синусоидальный сигнал с генератора *14*.

Выходной сигнал демодуляции выделялся на фотоприемнике *11*, на который поступал сигнальный пучок I_S (см. рис. 2), прошедший через кристалл *9* со сформированной динамической голограммой. Поляризация сигнального пучка выбиралась оптимальной для реализации модуляции его выходной интенсивности на первой гармонике с частотой Ω; в этом случае $\varphi_0=\pi/2$ и зависимость сигнала демодуляции от параметра фазовой модуляции φ_m является линейной [2]. Первая гармоника сигнала выделялась с помощью селективного вольтметра *12* с полосой пропускания 1 Гц и селективностью 40 дБ.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Для расчета глубины модуляции интенсивности на первой гармонике сигнала использовалось известное соотношение [2]:

$$M^{(1)}(-d,\varphi_m)=\mathrm{J}_0(\varphi_m)\mathrm{J}_1(\varphi_m)\frac{\Gamma_I}{\rho}\sin(\rho d)\cos(\rho d-2\theta_{S0}),$$

где коэффициент усиления Γ_I, характеризующий эффективность взаимодействия пучков, может иметь частотную зависимость; d – толщина кристалла; J_n – функция Бесселя n-го порядка; φ_m – амплитуда фазовой модуляции; ρ – удельное оптическое вращение кристалла; θ_{S0} – угол между вектором поляризации сигнального пучка и кристаллографическим направлением [010].

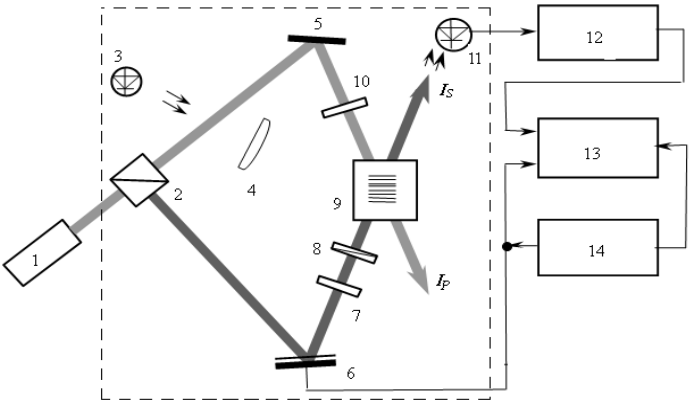


Рис. 2. Схема экспериментальной установки. *1* – гелий-неоновый лазер; *2* – делительный кубик; *3* – светодиод; *4* – изображающая линза; *5* – неподвижное зеркало; *6* – колеблющееся зеркало; *7*, *10* – четвертьволновая пластина; *8* – поляризатор; *9* – кристалл; *11* – фотодиод; *12* – селективный вольтметр; *13* – осциллограф; *14* – генератор

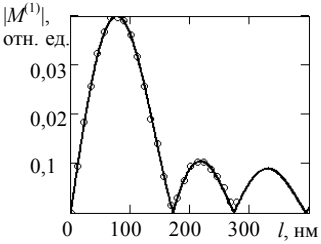


Рис. 3. Зависимость модуля глубины модуляции интенсивности на первой гармонике сигнала от амплитуды колебаний зеркала

Типичная зависимость модуля модуля глубины модуляции интенсивности на первой гармонике сигнала от амплитуды колебаний зеркала $l = 2\varphi_m\Lambda/\pi$ представлена на рис. 3. Подгонка теоретической зависимости (сплошная кривая) под экспериментальные данные (кружки) осуществлялась при помощи метода наименьших квадратов.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Эксперименты проводились на частотах фазовой модуляции от 71 Гц до 1,15 кГц. На каждой из исследуемых частот проводилось по 6 экспериментов, по которым вычислялось среднее значение коэффициента усиления Γ_I. В таблице приведены такие усредненные значения Γ_I на исследованных частотах модуляции.

Частотная характеристика коэффициента усиления Γ_I

Ω, Гц	71	317	623	719	1150
Γ_I, см$^{-1}$	2,31	2,1	2,06	2,48	2,41

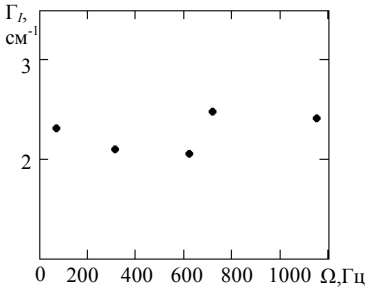


Рис. 4. Частотная характеристика коэффициента усиления Γ_I

На рис. 4. представлена частотная зависимость коэффициента Γ_I, построенная по приведенным в таблице экспериментальным данным.

Следует отметить, что на частотах 71 и 317 Гц коэффициент Γ_I ощутимо изменялся от эксперимента к эксперименту, что может быть связано с малой адаптивностью интерферометра на этих частотах при используемых мощности и длине волны лазера.

Из рис. 4 можно заключить, что в пределах точности эксперимента демодуляционная характеристика исследуемого голографического интерферометра на частотах от 71 Гц до 1,15 кГц является частотно-независимой.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шандаров С.М., Буримов Н.И. и др.* Динамические голограммы Денисюка в кубических фоторефрактивных кристаллах // Квантовая электроника. 2008. Т. 38, №11. С. 1059–1069.

2. *Shandarov S.M., Kolegov A.A. et al.* Two-wave mixing on reflection dynamic gratings in sillenite crystals under phase modulation of signal beam // Physics of Wave Phenomena. 2009. Vol. 17. № 1. P. 39–45.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОФИЛЕЙ ОДНОМЕРНЫХ ГАУССОВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ ФАБРИ–ПЕРО

С.М. Козлова, студентка 4-го курса

г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧиКР,: lana-rezzzor@mail.ru.

Когерентное излучение, генерируемое лазерами, представляет собой узкие пучки, поперечные размеры которых, однако, намного

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

больше длины волны. Поэтому дифракционная расходимость таких пучков сравнительно невелика, и их амплитуда медленно изменяется с продольной координатой. Такие световые пучки хорошо описываются гауссовым распределением. Сейчас доказано и общепризнано, что гауссовы пучки наиболее просто и полно описывают свойства лазерных световых пучков. Таким образом, задача трансформации профилей гауссовых лазерных пучков представляется весьма актуальной. Целью данной работы является компьютерное моделирование и экспериментальное исследование трансформации профиля гауссова пучка с помощью фоторефрактивных нелинейных интерферометров Фабри-Перо на основе кристаллов ниобата лития ($LiNbO_3$) с поверхностью, легированной фоторефрактивными примесями (Fe и Cu).

Математическая интерпретация

Выражение для выходной интенсивности света в интерферометре Фабри–Перо [2]:

$$I_{\text{вых}} = \frac{\mathrm{I}_{\text{вх}}(1-R^2)}{1+R^4-2R^2\cos(2kL\cdot\cos\theta)} \quad , \tag{1}$$

где $I_{\text{вх}}$ – входная интенсивность; R – коэффициент отражения зеркал по амплитуде (для $LiNbO_3$ по границе раздела «кристалл – воздух», $R=0{,}375$); k – волновое число; L – толщина образца.

Распределение интенсивности одномерного гауссова пучка на входе интерферометра определяется следующей формулой, где входная интенсивность равна

$$I_{\text{вх}} = I_0 \exp[\frac{X^2+Y^2}{\omega^2}], \tag{2}$$

а k равно

$$k = k_0 n = k_0 (n_{(0)} - \Delta n(t)). \tag{3}$$

В отличие от случая керровской нелинейности, фоторефрактивная нелинейность является насыщаемой, т.е. величина изменения показателя преломления при фоторефрактивном эффекте не может превышать некоторое значение Δn_S. В случае чисто фотовольтаического механизма временная зависимость $\Delta n(t)$ может быть выражена в виде

$$\Delta n(t) = \Delta n_s \left[1-\exp(-t/\tau)\right], \tag{4}$$

где τ – постоянная, характеризующая скорость формирования фоторефракции.

Результат моделирования

Представленные ниже поверхности (смоделированные в математической среде Matlab) отображают эффект трансформации (при различных соотношениях времени) распределения интенсивности свето-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

вого пучка, проходящего через нелинейный интерферометр Фабри–Перо (рис. 1–3).

Рисунки приведены для фоторефрактивного распределения.

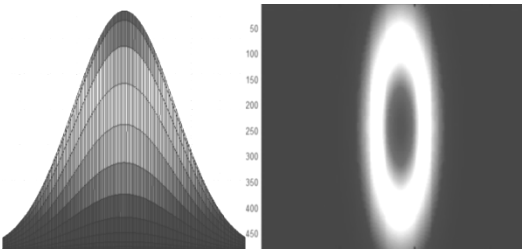


Рис. 1. Распределения интенсивности светового пучка при t =0

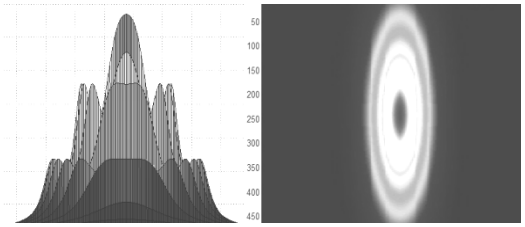


Рис. 2. Распределения интенсивности светового пучка при t = 0,5

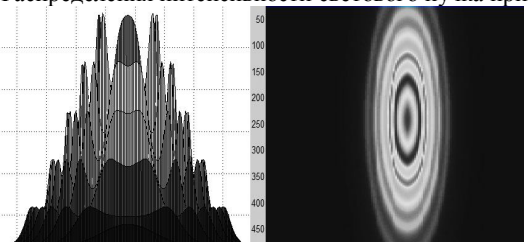


Рис. 3. Распределения интенсивности светового пучка при t = 1,5

При дальнейшем увеличении отношения времени происходит насыщение и картина распределения не изменяется.

Схема эксперимента

Структурная схема установки для исследования трансформации профилей гауссовых пучков представлена на рис. 4.

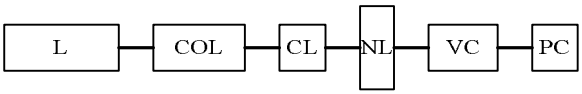


Рис. 4. Структурная схема экспериментальной установки:
L – лазер, COL – коллиматор, CL – цилиндрическая линза, NL – пластина ниобата лития; VC – видеокамера; PC – персональный компьютер

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Схема эксперимента поясняется рисунком. Здесь излучение твердотельного лазера с длиной волны λ = 532 нм и мощностью около 5 мВт в виде светового пучка с диаметром около 0,2–2 мм проходит сначала через коллиматор (COL), помогающий получить однородный параллельный пучок. После коллиматора пропускаем луч через цилиндрическую линзу (CL), с помощью которой можно получить одномерный пучок, необходимый для исследования. После преобразования пучок проходит через пластину $LiNbO_3$ Y среза (NL) толщиной 2 мм в направлении нормали к ее плоскости. Поляризация света соответствует необыкновенной волне в кристалле. Поле прошедшего светового пучка изучается с помощью видеокамеры (VC), сопряженной с персональным компьютером (PC). Приповерхностная область пластины NL легирована комбинацией ионов железа (Fe) и меди (Cu) путем последовательной термической диффузии. Диффузия проводилась при температуре 1000 °C для Fe и 900 °C для Cu. Глубина диффузии Fe составляет в разных образцах от 20 до 50 мкм, а Cu – от 50 до 200 мкм. В результате легированная область приобрела фоторефрактивные свойства, т.е. стала фоточувствительной. Время экспонирования образцов лазерным лучом составляло около 3 мин.

Результаты компьютерного моделирования и эксперимента показывают, что трансформация амплитудного профиля, происходит схожим образом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шандаров В.М.* Основы физической и квантовой оптики. Томск: Изд-во ТУСУР, 2005, 258 с.

2. *Ярив А., Юх П.* Оптические волны в кристаллах. М.: Мир, 1987. 616 с.

СПЕКТРЫ ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ И РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ МИКРОПОРОШКОВ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ZRO_2

М.М. Михайлов, проф. каф. ЭП, д.ф.-м.н., зав. лаб. РКМ;
А.Н. Лапин, м.н.с. лаб. РКМ
г. Томск, ТУСУР, alexey_nl@sibmail.com

Материалы на основе оксида алюминия в настоящее время получили достаточно широкое распространение. В частности, микропорошки Al_2O_3 применяются для изготовления керамик, используемых в рентгеновских аппаратах, ускорителях заряженных частиц, ядерных реакторах, а также могут быть использованы в качестве пигментов

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

отражающих покрытий космических аппаратов. Существенным недостатком порошков оксида алюминия является их меньшая (по сравнению с ZnO, Zn_2TiO_4, ZrO_2) радиационная стойкость, которую можно повысить модифицированием наночастицами. Наночастицы образуют на поверхности зерен и гранул пигмента слой, являющийся местом стоков электронных возбуждений, возникающих при облучении [1], что приводит к уменьшению концентрации радиационных дефектов.

Целью настоящей работы было изучение влияния модифицирования наночастицами ZrO_2 микропорошков оксида алюминия на спектры диффузного отражения (ρ_λ), интегральный коэффициент поглощения солнечного излучения (a_s) и их стабильность к облучению ускоренными электронами.

В исследованиях использовали микропорошок Al_2O_3 квалификации Ч ТУ 6-09-426-75 и нанопорошок ZrO_2, полученный плазмохимическим способом [2]. Приготовили 4 вида смесей с различным процентным содержанием нанопорошка диоксида циркония – 0, 1, 3 и 5 мас.%. Порошки диспергировали в дистиллированной воде, перемешивали и сушили при 200 °С в течение 5 ч. После этого полученные смеси перетирали в керамической ступке, прогревали в течение 2 ч при температуре 800 °С и после остывания повторно перетирали.

Образцы для исследования готовили смешиванием полученных порошков с лаком КО-859 в пропорции 3:1, нанесением покрытия на алюминиевые подложки диаметром 28 мм и высушиванием в течение 24 ч при температуре 25 °С. Измерение спектров диффузного отражения осуществляли на воздухе спектрофотометром СФ-56 с приставкой диффузного отражения ПДО-6 в области спектра от 380 до 840 нм. Облучение образцов осуществляли в вакууме 10^{-6} торр электронами с энергией 30 кэВ, флюенсом $1 \cdot 10^{16}$ см$^{-2}$ при плотности потока $1 \cdot 10^{12}$ см$^{-2}$с$^{-1}$ в установке «Спектр» [3]. Интегральный коэффициент поглощения a_s рассчитывали по методике [4], учитывающей спектр отражения образца и спектр излучения Солнца.

Спектры диффузного отражения исследуемых покрытий до облучения приведены на рис. 1. В области спектра от 380 до 500 нм наибольшим коэффициентом отражения обладает покрытие на основе микропорошка оксида алюминия (кривая *1* на рис. 1), свыше 500 нм коэффициенты отражения всех исследуемых покрытий приблизительно одинаковы (различие менее 2%) При длинах волн до 450 нм с увеличением процентного содержания ZrO_2 коэффициент отражения покрытий уменьшается, что наиболее заметно в самом начале исследуемого спектрального диапазона.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

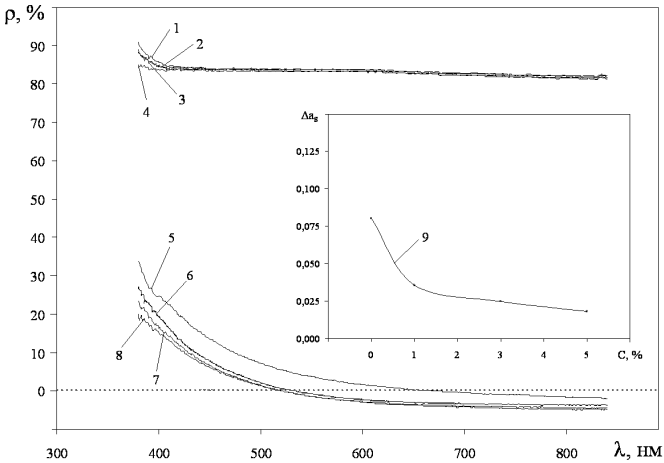


Рис. 1. Спектры диффузного отражения покрытий на основе микропорошков Al_2O_3, модифицированных нанопорошком ZrO_2, мас.%: 0 (*1*), 1 (*2*), 3 (*3*), 5 (*4*). Разностные спектры диффузного отражения покрытий на основе микропорошка Al_2O_3 с различным содержанием нанопорошка диоксида циркония, мас.%: 0 (*5*), 1 (*6*), 3 (*7*) и 5 % (*8*) после облучения электронами (E = 30 кэВ, $\Phi = 1 \cdot 10^{16}$ см$^{-2}$). На вставке приведена зависимость изменений интегрального коэффициента поглощения (Δa_s) покрытий после облучения от процентного содержания нанопорошка ZrO_2 в пигменте (*9*)

После облучения электронами коэффициент отражения всех исследуемых покрытий уменьшается в области короче 550 нм. В более длинноволновой области коэффициент отражения всех покрытий изменяется незначительно (менее 5%). Из разностных спектров диффузного отражения, полученных вычитанием спектров отражения после облучения из спектров отражения до облучения, следует, что наибольшей деградации подвергается покрытие на основе немодифицированного оксида алюминия. В коротковолновой области его спектра изменение коэффициента отражения после облучения достигает 35%. Разница между коэффициентами отражения облученных покрытий во всем спектральном диапазоне составляет от 7 до 10%.

Значения интегрального коэффициента поглощения до и после облучения и их разность приведены в таблице. До облучения интегральный коэффициент поглощения всех образцов отличается незначительно, что обусловлено снижением коэффициента отражения в области спектра до 500 нм и его ростом в области свыше 500 нм при увеличении процентного содержания нанопорошка ZrO_2.

Разница между значениями Δa_s для покрытия на основе чистого оксида алюминия и покрытия с максимальным содержанием нанопорошка диоксида циркония составляет 78% (или 4,4 раза).

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Значения a_s и Δa_s исследуемых покрытий

Флюенс электронов, см$^{-2}$		Содержание нанопорошка ZrO_2, %			
		0	1	3	5
0	a_s	0,161	0,163	0,160	0,165
$1 \cdot 10^{16}$	a_s	0,241	0,198	0,184	0,183
	Δa_s	0,080	0,035	0,024	0,018

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при модифицировании микропорошков наночастицами можно получить значительное улучшение радиационной стойкости покрытий на основе этих порошков. При этом отражательная способность покрытий до облучения практически не изменяется при модифицировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Михайлов М.М., Соколовский А.Н.* Кинетика фотодеградации пигмента диоксида титана, легированного нанопорошками Al_2O_3 и ZrO_2 // Физика и химия обработки материалов. 2006. № 1. С. 32–36.
2. *Ларин В.К., Кондаков В.М., Дедов Н.В.* Плазмохимический способ получения ультрадисперсных (нано)порошков оксидов металлов и перспективы их применения // Изв. вузов. Цв. металлургия. 2003. №5. С. 59–64.
3. *Косицын Л.Г., Михайлов М.М., Дворецкий М.И. и др.* Установка для исследования спектров диффузного отражения и люминесценции твердых тел в вакууме // ПТЭ. 1985. №4. С. 176–180.
4. *Johnson F.S.* The solar constant // J.Meteorological. 1954. V. 11. №6. P. 431–439.

ВРЕМЕННЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ КАРТИН ФОТОИНДУЦИРОВАННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ*

К.М. Мамбетова, студентка 4-го курса, каф. ЭП

г. Томск, ТУСУР, kseniam-89@mail.ru

Электрические поля, генерируемые в сегнетоэлектрических кристаллах ниобата лития за счет пироэлектрического и фотогальванического эффектов, достигающие значений 50 кВ/см и более, позволяют реализовать компактные кристаллические ускорители электронов [1]. Наблюдаемая в таких ускорителях эмиссия электронов связывается с

* ЭП-0701 – Исследование спектральных характеристик динамики фотоиндуцированного поглощения света в кристаллах силленитов в условиях внешней некогерентной подсветки и влияния температуры.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

флуктуациями спонтанной поляризации, обусловленными пироэлектрическим, пьезоэлектрическим и фотогальваническим эффектами, что приводит к формированию плазмы вблизи поверхности сегнетоэлектрика [2]. При лазерном воздействии эффекты развития фотоиндуцированного рассеяния света приводят к значительным пространственным вариациям наведенного в кристалле электрического поля. Возникающее при этом на поверхности распределение заряда в силу ее структурной неоднородности создает электрическое поле, превышающее в некоторых областях его пробойные значения, что приводит к эффекту временных флуктуаций интенсивности проходящего через кристалл ниобата лития лазерного пучка, называемому спонтанным электрическим пробоем [3]. Временные флуктуации картин фотоиндуцированного рассеяния света автоволнового [4] и кольцевого [5] типов, наблюдаемые в кристаллах ниобата лития под действием лазерного излучения с длиной волны 442 нм, могут сопровождаться и импульсной электронной эмиссией. Авторами [2] такая эмиссия наблюдалась при реализации фотоиндуцированного рассеяния во встречном направлении по отношению к фокусированному лазерному пучку с длиной волны 514 нм, засвечивающему поверхность *Z*-среза кристалла $LiNbO_3$:Fe. В настоящей работе были проведены эксперименты по наблюдению картин фотоиндуцированного рассеяния в номинально нелегированных и легированных Fe кристаллах ниобата лития, при распространении лазерного пучка с длиной волны 532 нм как вдоль полярной оси *Z*, так и ортогонально ей. Определены условия, при которых возможно наблюдение фотоиндуцированной эмиссии электронов из исследованных кристаллов.

Схема экспериментальной установки для наблюдения автоволнового рассеяния света представлена на рисунке. Лазерный пучок с длиной волны 532 нм, апертурой 1 мм и мощностью 280 мВт ослаблялся светофильтрами ОС11 и НС7, проходил через отверстие в центре экрана *Э* и положительную линзу *Л* с фокусным расстоянием 200 мм, фокальная плоскость которой была смещена относительно входной грани исследуемого кристалла *К*. При распространении пучка вдоль полярной оси *Z* кристалла $LiNbO_3$:Fe с уровнем легирования 0,05% и толщиной 10,8 мм на экране наблюдалось фотоиндуцированное рассеяние света, связанное с формированием шумовых голограмм отражательного типа. При фокусе пучка, совпадающем с входной гранью кристалла или находящемся внутри кристалла, наблюдалось автоволновое рассеяние света в виде колец, периодически возникающих, расширяющихся и исчезающих за время ~5 с. В данном кристалле отчетливо наблюдалось скачкообразное изменение картин рассеяния. В кристалле $LiNbO_3$:Fe с меньшим уровнем легирования (~0,01%), имеюще-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

го форму пластины с толщиной 2 мм вдоль оси Z, также наблюдалось фотоиндуцированное и автоволновое рассеяние света на отражательных шумовых голограммах с аналогичными характеристиками и поведением. Однако скачкообразного изменения картины рассеяния в данном кристалле не наблюдалось. Для нелегированного кристалла $LiNbO_3$, имеющего форму цилиндра, полированные плоские грани, перпендикулярные оси Z, и толщину 6,9 мм вдоль данного направления, в течение 30-минутного воздействия лазерного излучения фотоиндуцированное рассеяние не проявилось. Исследования кристалла $LiNbO_3$:Cr показали, что излучение с длиной волны 532 нм также не вызывает в нем фотоиндуцированного рассеяния.

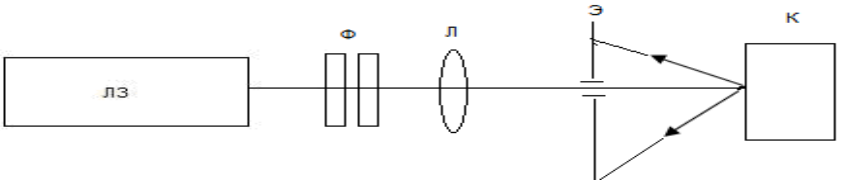


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: *ЛЗ* – лазер, *Ф* – фильтры, *Э* – экран, *Л* – линза, *К* – кристалл

В работе [5] обнаружено, что при облучении нелегированных кристаллов ниобата лития пучком света, направленным перпендикулярно оптической оси кристалла, существует автоволновое рассеяние. Диаметр пучка накачки 3 мм, длина волны излучения 0,446–0,52 мкм, мощность 50 мВт. Наблюдение в настоящей работе картин фотоиндуцированного рассеяния в кристалле $LiNbO_3$:Fe (0,05%) при распространении лазерного пучка (λ = 532 нм, d = 1 мм, P = 280 мВт) ортогонально полярной оси Z показало похожие результаты. На экране автоволновое рассеяние периодически возникало под углом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kukhtarev N.V., Kukhtereva T.V., Stargell G., Wang J.C.* Pyroelectric and photogalvanic crystal accelerators // J. Appl. Phys. 2009. Vol. 106. P. 014111.

2. *Reagan M., Lyuksyutov S.F., Galehouse D., Kukhtarev N.V., Kukhtareva T.* Peculiarities of ferroelectric emission from photorefractive z-cut $LiNbO_3$ // Frontiers in Optics, OSA Technical Digest (CD). Optical Society of America, 2003. P. MT65.

3. *Вартанян Э.С., Овсепян Р.К.* О поверхностном характере скачков наведенного изменения показателя преломления в ниобате лития // Квантовая электроника. 1979. Т. 6. № 11

4. *Лемешко В.В., Обуховский В.В.* Автоволны фотоиндуцированного рассеяния света // Письма в ЖТФ.1985. Т. 11, № 22. С. 1389.

5. *Карпец Ю.М., Максименко В.А., Скоблецкая О.В., Строганов В.И., Сюй А.В.* Кольцевые структуры при фоторефрактивном рассеянии света в кристалле ниобата лития // Оптика и спектроскопия. 2001. Т. 91, №6. С. 966–967.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗОВЫХ ТРАНСПАРАНТОВ В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ НИОБАТЕ ЛИТИЯ НА ОСНОВЕ ПРОЕКЦИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

М.В. Монахова, Д.А. Евсеева, студентки 4-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧиКР, korona55@mail.ru

Сформировать фоторефрактивные оптические элементы путем оптического индуцирования можно двумя способами: проекционным и контактным. Проекционный способ более гибок, он позволяет формировать оптические фазовые элементы сложной конфигурации с масштабированием размеров и не приводит к механическому повреждению образца. Экспериментальная методика реализована с помощью установки, схема которой представлена на рис. 1. Здесь для формирования фазовых элементов проекционным способом используется некогерентное излучение, а для контроля величины изменения показателя преломления в экспонируемой области образца – когерентное излучение.

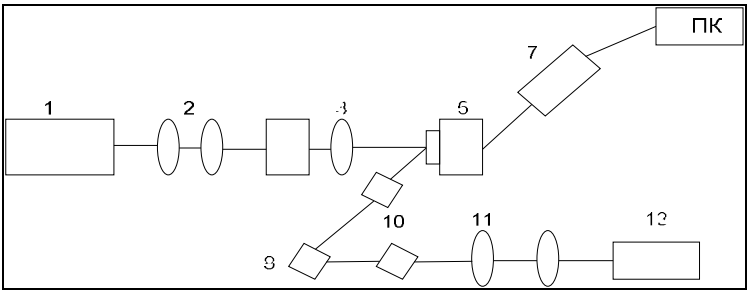


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: *1* – светодиод; *2* – система линз (конденсор); *3* – амплитудный транспарант; *4* – цилиндрическая линза; *5* – образец $liNbO_3$:Cu; *6* – фильтр; *7* – видеокамера; *8–10* – призмы; *11*, *12* – коллиматор; *13* – He-Ne лазер; *ПК* – компьютер

В экспериментах топология оптически индуцируемого фазового элемента задавалась амплитудными транспарантами простой конфигурации. В первом случае величина пропускания менялась один раз (широкая непрозрачная полоска), во втором – она менялась дважды (непрозрачная полоска, ширина которой меньше диаметра считывающего когерентного светового пучка). Транспаранты размещались таким образом, что граница областей пропускания и непропускания была перпендикулярна направлению оптической оси кристалла. Образец экспонировался некогерентным излучением со средней длиной волны 455 нм и мощностью 0,5 Вт.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Результаты экспериментов

В экспериментах транспарант в виде широкой непрозрачной полосы предназначался для формирования фазового элемента, преобразующего фундаментальный гауссов пучок в гауссов пучок первого порядка, а транспарант в виде узкой непрозрачной полоски – в гауссов пучок второго порядка. С помощью цилиндрической линзы изображение амплитудного транспаранта проецировалось на поверхность образца $LiNbO_3$:Cu, затем проводился процесс экспонирования образца. Время экспонирования составило 70 мин. Коллимированный световой пучок He-Ne лазера с поляризацией, соответствуюшей необыкновенной волне в кристалле, зондировал экспонируемую область, а распределение интенсивности в прошедшем пучке изучалось с помощью видеокамеры. Характерные изображения световых полей наблюдались визуально и при необходимости сохранялись в памяти компьютера в виде файлов с расширением bmp. Фокусное расстояние цилиндрической линзы составляло в данном случае 10 см, расстояние от амплитудного транспаранта до линзы – 19,5 см, а расстояние от линзы до экспонируемого образца – 23 см. Таким образом, изображение транспаранта на поверхности образца было слегка увеличенным относительно его исходных размеров.

Для транспаранта в виде узкой непрозрачной полоски время экспонирования составило 30 мин, изменений на световой картине не наблюдалось. Это можно объяснить недостаточно широким зондирующим пучком и малым временем экспонирования.

Рис. 2. Световая картина фундаментального гауссова пучка, время экспонирования – 70 мин

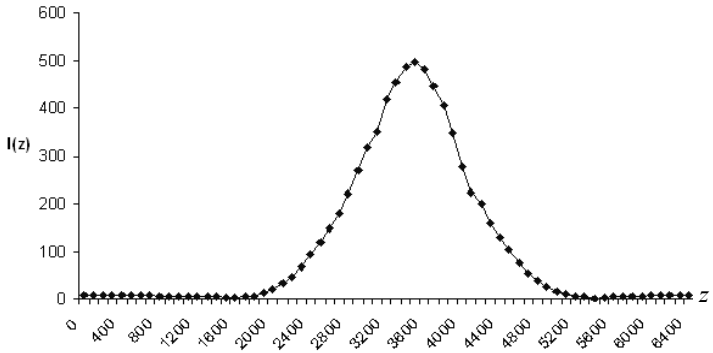


Рис. 3. Профиль интенсивности прошедшего пучка

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 2 представлена световая картина фундаментального гауссова пучка, а на рис. 3 – соответствующее ей распределение интенсивности, которое было получено с помощью зондирования экспонированной области He-Ne лазером, полученные данные обрабатывались с помощью программы Microsoft Office Excel 2007. Аналогичные картины для транспаранта в виде широкой непрозрачной полоски представлены на рис. 4 и 5.

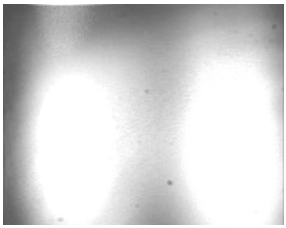


Рис. 4. Световая картина для прошедшего пучка в случае амплитудного транспаранта в виде широкой непрозрачной полоски, время экспонирования – 70 мин

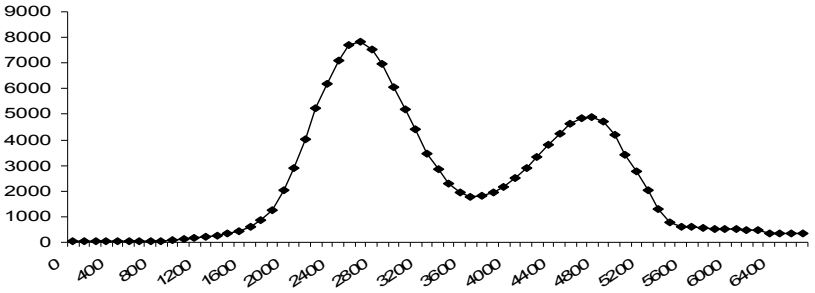


Рис. 5. Профиль интенсивности прошедшего пучка

Результаты эксперимента показывают, что данный метод позволяет реализовать фазовые транспаранты для модификации профилей когерентных световых пучков.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шандаров В.М.* Основы физической и квантовой оптики: Учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2005. 258 с.

2. *Ярив А., Юх П.* Оптические волны в кристаллах. М.: Мир, 1987. 616 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛАДА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ОПТИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В НИОБАТЕ ЛИТИЯ*

А.Н. Парханюк, студент 5-го курса; Д.В. Фролов, студент 4-го курса
г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧиКР, xfryjhbc@mail.ru.

В настоящее время широко обсуждается возможность применения пироэлектриков для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Недавно было продемонстрировано влияние пироэлектрического эффекта на дифракцию светового пучка в фоторефрактивном кристалле ниобата лития [2].

Целью данной работы является исследование влияния пироэлектрического эффекта на оптически индуцированное изменение показателя преломления в кристалле ниобата лития, легированном медью (Cu).

На рис. 1 представлена схема экспериментов.

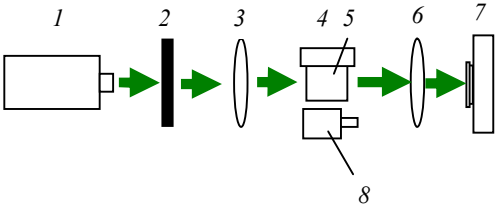


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: *1* – твердотельный YAG:Nd^{3+} лазер; *2* – оптический фильтр; *3* – фокусирующая линза; *4* – нагревательный элемент; *5* – образец $LiNbO_3$; *6* – фокусирующая линза; *7* – ПЗС-камера; *8* – микрометрический столик

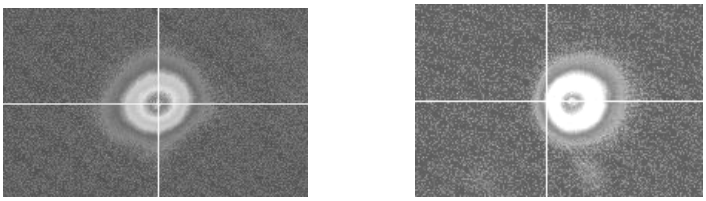
Излучение непрерывного твердотельного лазера YAG:Nd^{3+} *1* с удвоением частоты (λ = 532 нм) проходит через оптический фильтр *2* и с помощью линзы *3* с фокусным расстоянием F = 10 см фокусируется на входную плоскость кристаллического образца $LiNbO_3$:Cu *5*. Образец размещен на пластине из латуни, температура которой может изменяться с помощью нагревателя *4*, а контролируется термопарой. Поляризация света соответствует необыкновенной волне в кристалле. Изображение выходной грани образца с помощью линзы *6*, фокусное расстояние которой F = 16 см, проецируется на ПЗС-камеру *7*. Микро-

* Работа выполнялась в рамках и при финансовой поддержке гранта РНП.2.1.1.429 Минобрнауки РФ.

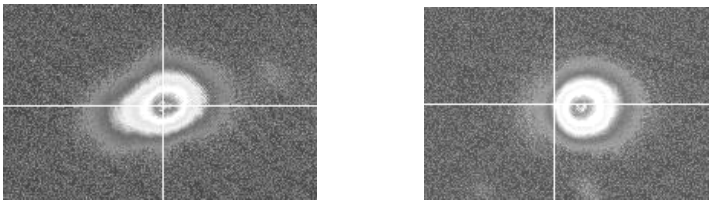
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

метрический столик *8* позволяет смещать исследуемый образец в поперечном направлении относительно светового пучка.

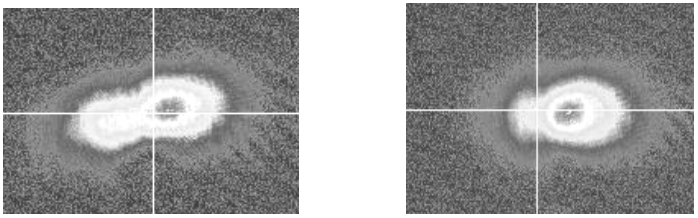
Изображения, представленные на рис. 2, иллюстрируют некоторые результаты экспериментов. На выходной грани мы можем наблюдать результат дифракции светового пучка, прошедшего через кристалл ниобата лития. Эксперимент проходил в 2 этапа. В первой части эксперимента кристалл не подвергался никаким воздействиям, кроме излучения с длиной волны 532 нм. Во второй части эксперимента кристалл был подвержен однородному нагреванию и излучению с длиной волны 532 нм. В ходе эксперимента температура кристалла изменилась на 29 град.



Изображения на выходной плоскости до экспозиции



Изображения на выходной плоскости после 6 мин экспозиции



Изображения на выходной плоскости после 15 мин экспозиции

Рис. 2. Изображение на выходной грани образца: без нагревания (слева) и с нагреванием (справа)

На рис. 2 приведены изображения выходной поверхности кристалла: слева – без нагревания кристалла; справа – с однородным нагреванием кристалла. На представленных изображениях (см. рис. 2)

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

видно, что при однородном нагревании кристалла дифракция светового пучка происходит медленнее, по сравнению с кристаллом, не подвергшимся однородному нагреванию, что связано с влиянием пироэлектрического эффекта.

Таким образом, результаты проведенных экспериментов продемонстрировали наличие вклада пироэлектрического эффекта в эффекты дифракции светового пучка в кристалле ниобата лития, что может быть использовано в целях управления параметрами световых полей и создания элементов фотоники на основе данного эффекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Желудев И.С.* Физика кристаллических диэлектриков. М.: Наука, 1968. 459 с.

2. *Jassem Safioui, Fabrice Devaux, and Mathieu Chauvet.* Pyroliton: pyroelectric spatial soliton, 2009.

ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР НА X-СРЕЗЕ $LiNbO_3$*

В.В. Щербина, М.В. Бородин, аспиранты;
Д.О. Анисимов, А.Ю. Печенкин, студенты
г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, vesta-87@mail.ru

Периодические доменные структуры (ПДС) позволяют реализовать эффект квазисинхронной генерации второй гармоники (ГВГ) [1], а также различные устройства управления оптическим излучением [2] на основе этого эффекта. Кристаллы ниобата лития, в которых могут быть сформированы высококачественные ПДС, привлекательны для решения таких задач благодаря высоким значениям коэффициента нелинейной оптической восприимчивости второго порядка d_{33}. Одним из способов получения ПДС является электронное облучение подложки в растровом электронном микроскопе.

В работе представлены результаты оптических исследований периодических доменных структур, сформированных на X-срезе конгруэнтного $LiNbO_3$, а также в волноводах $Zn:LiNbO_3$ электронным облучением подложки в растровом электронном микроскопе.

Результаты экспериментов

Планарные оптические волноводы, в которых затем создавались ПДС, формировались путем диффузии из пленок ZnO при температу-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 09-02-00609_а) и программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 г.)»

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

рах от 800 до 930 ºС в воздушной атмосфере в течение 1–20 ч. Пленки ZnO для формирования волноводов получали методом вытягивания подложки $LiNbO_3$ из спиртового раствора салицилата цинка.

ПДС формировались на X-срезе конгруэнтного $LiNbO_3$ и в волноводе Zn:$LiNbO_3$ электронным облучением подложки в растровом электронном микроскопе методом последовательных точечных облучений в направлении +Z кристалла пучком с энергией в 25 кэВ и плотностью тока 100 пА. Период структур варьировался от 4,75 до 7,25 мкм, доза облучения для различных структур изменялась от 600 до 1000 мкКл/см^2.

ПДС на полярных срезах ниобата лития могут изучаться методом химического травления, в растровом электронном микроскопе [3] и методом микроскопии генерации второй оптической гармоники [4].

Визуализация планарных ПДС проводилась методом ГВГ-микроскопии. *X*-поверхность образца засвечивалась пучком лазерного излучения (λ = 1053 нм) с длительностью импульсов 10 нс и энергией 200 мкДж. Лазерный пучок расширялся системой из оптических линз и засвечивал кристалл. Изображение всего кристалла (рис. 1), а также отдельные изображения каждой из структур были получены с помощью микроскопической системы и сопряженной с ней веб-камеры Logitech с размером матрицы 5 мм и количеством ее элементов 640×480.

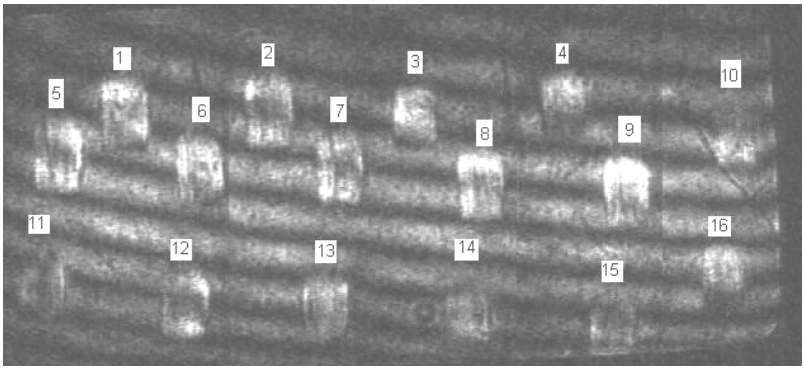


Рис. 1. Изображение кристалла ниобата лития с ПДС, полученное на второй гармонике пучка накачки с помощью микроскопического объектива и веб-камеры

Представленное на рис. 1 изображение получено на длине волны 526,5 нм на фоне несинхронной ГВГ в объеме кристалла при засветке

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

всей его поверхности. На рисунке видны все 16 сформированных структур, имеющих характерную овальную форму в направлении +*Z*.

В оптических исследованиях ПДС в волноводах Zn:$LiNbO_3$ для ввода и вывода лазерного излучения использовались призмы из ниобата лития и рутила. Один из таких волноводов, сформированный на подложке *X*-среза, обеспечивал вдоль оси *Y* распространение трех ТЕ мод на длине волны λ = 526,5 нм и одной волноводной моды TE_0 для λ = 1053 нм.

Для пучка накачки с длительностью импульсов 10 нс и энергией 200 мкДж, возбуждаемого на моде TE_0 (λ=1053 нм), на этих структурах наблюдалась квазисинхронная волноводная ГВГ на модах TE_0–TE_2.

При волноводном распространении за счет рассеиваемого на доменных структурах света также удалось получить изображения структур (рис. 2).

Рис. 2. Фотография рассеянного на периодической доменной структуре света, полученная на второй гармонике пучка накачки с помощью микроскопического объектива и веб-камеры

Таким образом, были проведены экспериментальные оптические исследования ПДС, сформированных на X-срезе конгруэнтного $LiNbO_3$, а также в волноводах Zn:$LiNbO_3$. Были получены изображения ПДС в нелегированном кристалле ниобата лития, а также проведены эксперименты по генерации второй гармоники в волноводах Zn:$LiNbO_3$.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Авторы благодарят Л.С. Коханчик за изготовление ПДС и их исследования в сканирующем электронном микроскопе, С.А. Кузнецову за нанесение пленок ZnO на ниобат лития, а также научного руководителя С.М. Шандарова за консультации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Houe M., Townsend P.D.* An introduction to methods of periodic poling for second harmonic generation // J. Phys. D: Appl. Phys. 1995. Vol. 28, P. 1747.

2. *Yamada M.* Electrically induced Bragg-diffraction grating composed of periodically inverted domains in lithium niobate crystals and its application devices // Rev. Sci. Instrum. 2000. Vol. 71, P. 4010.

3. *Kokhanchik L.S., Punegov D.V.* Micro-scale domain structure formation by e-beam point writing on the *Y* cut surfaces of $LiTaO_3$ crystals // Proc. SPIE. 2008. 7025, 70250J.

4. *Soergel E.* Visualization of ferroelectric domains in bulk single crystals. Appl. Phys. 2005. B 81. P. 729–752.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПРОФИЛЕЙ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ КРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ

А.С. Перин, студент 4-го курса

г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧиКР, perin@sibmail.com

Преобразование профилей лазерных световых пучков в современной оптике представляет существенный интерес с точки зрения реализации разного рода нелинейно-оптических экспериментов. Таким образом, задача моделирования и преобразования профилей световых пучков представляется весьма актуальной. Целью данной работы являются компьютерное моделирование и экспериментальное исследование трансформации амплитудного профиля гауссова пучка с помощью фоторефрактивного нелинейного интерферометра Фабри–Перо на основе кристалла ниобата лития ($LiNbO_3$) с поверхностью, легированной фоторефрактивными примесями (Fe и Cu).

Математическая интерпретация

Приведенные ниже формулы (1)–(4) отображают зависимость распределения интенсивности света на выходе интерферометра от изменения показателя преломления (ПП), обусловленного световым полем внутри него [1].

Для световой волны, прошедшей через интерферометр Фабри – Перо, интенсивность света определяется соотношением (1):

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

$$I_{\text{вых}} = \frac{I_{\text{вх}}(1-R^2)}{1+R^4-2R^2\cos(2kL\cdot\cos\theta)}, \qquad (1)$$

где $I_{\text{вх}}$ – входная интенсивность; $R = \frac{n-1}{n+1}$ – коэффициент отражения зеркал по амплитуде (для $LiNbO_3$ в нашем случае зеркала представляют собой границы раздела «кристалл – воздух», $R = 0{,}375$); k – волновое число; L – толщина образца.

Распределение интенсивности двумерного гауссова пучка на входе интерферометра определяется следующей формулой:

$$I_{\text{вх}} = I_0 \exp[-\frac{X^2+Y^2}{\omega^2}], \qquad (2)$$

где X, Y – координаты;

$$k = k_0 n = k_0 (n_{(0)} - \Delta n(t)), \qquad (3)$$

где $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число света в вакууме; λ – длина волны; $n_{(0)}$ – показатель преломления образца (для $LiNbO_3$ $n_{(0)} = 2{,}2$ – для света с поляризацией, соответствующей необыкновенной волне в кристалле).

При отсутствии нелинейности, обусловленной эффектом фоторефракции в образце, волновое число *k* характеризуется линейным ПП. Фоторефрактивный эффект объясняет появление отрицательной добавки к величине изменения ПП.

В отличие от случая керровской нелинейности, фоторефрактивная нелинейность является насыщаемой, т.е. величина изменения показателя преломления при фоторефрактивном эффекте не может превышать некоторое значение Δn_S. В случае чисто фотовольтаического механизма временная зависимость $\Delta n(t)$ может быть выражена в виде

$$\Delta n(t) = \Delta n_S [1 - \exp(-t/\tau)], \qquad (4)$$

где τ – постоянная, характеризующая скорость фоторефрактивного отклика.

Результат моделирования

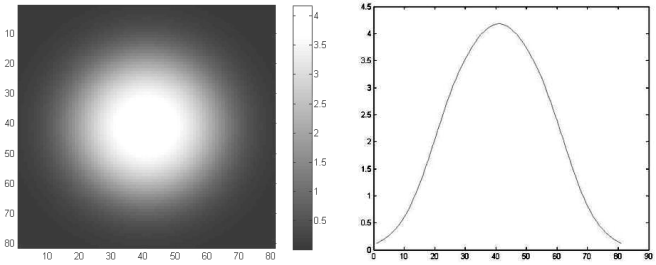
Представленные ниже рисунки иллюстрируют результат моделирования распределения интенсивности светового пучка, проходящего через нелинейный интерферометр Фабри–Перо (рис. 1, 2).

Схема эксперимента

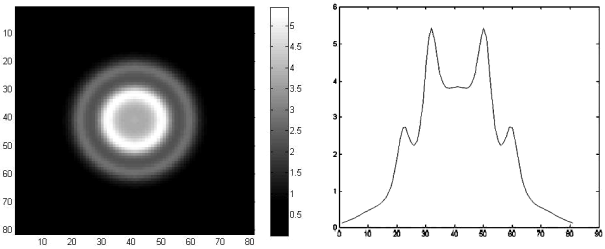
Схема эксперимента довольно проста. Излучение твердотельного лазера ($YAG:Nd^{3+}$) с длиной волны λ = 532 нм и мощностью около 5 мВт в виде светового пучка с диаметром около 0,5 мм проходит че-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

рез пластину $LiNbO_3$ Y среза (LN) толщиной 2 мм в направлении нормали к ее плоскости. Поляризация света соответствует необыкновенной волне в кристалле. Поле прошедшего светового пучка изучается с помощью видеокамеры, сопряженной с персональным компьютером. Приповерхностная область пластины LN легирована комбинацией ионов железа (Fe) и меди (Cu) путем последовательной термической диффузии. Время экспонирования образцов лазерным лучом составляло несколько десятков секунд.



$a - \Delta n_s = 5 \cdot 10^{-4};\ t/\tau = 0;$



$б - \Delta n_s = 5 \cdot 10^{-4};\ \ t/\tau = 1{,}1$

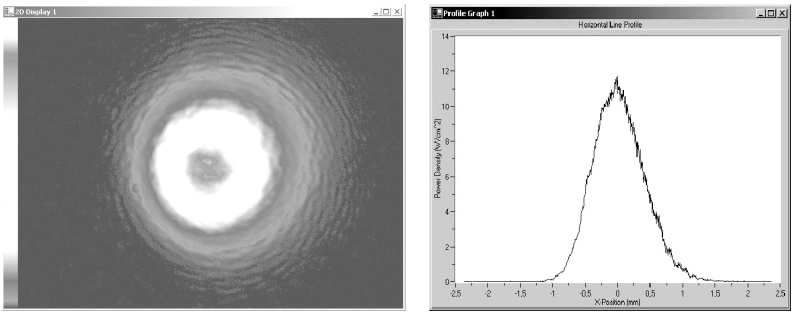
Рис. 1. Распределения интенсивности светового пучка

Результаты эксперимента

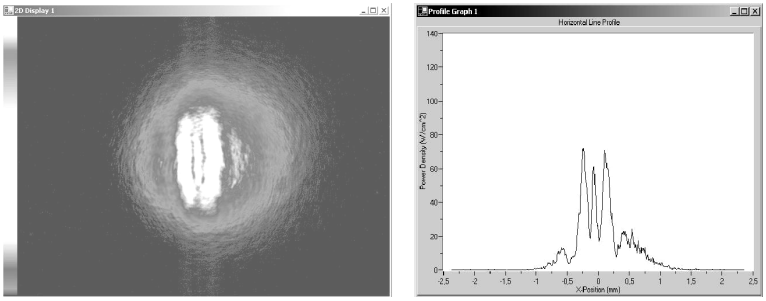
В начальные моменты времени световой пучок характеризуется гауссовым распределением интенсивности (см. рис. 2, *а*). После экспонирования в течение некоторого времени (несколько секунд) распределение интенсивности в прошедшем пучке существенно изменяется, в его центральной области интенсивность света начинает снижаться, появляется провал.

При продолжении процесса экспонирования это распределение становится еще более сложным (см. рис. 2, *б*). Интенсивность света в центре пучка снова возрастает, а темная граница сдвигается на периферию.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



а – в начальный момент времени



б – спустя 60 с

Рис. 2

Обсуждение результатов

Наблюдаемая трансформация распределения интенсивности в когерентном световом пучке, проходящем через образец $LiNbO_3$:Fe:Cu, обусловлена эффектом Фабри – Перо, т.е. многолучевой интерференцией света в плоскопараллельной пластине с оптически индуцируемой нелинейной линзой [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ярив А., Юх П.* Оптические волны в кристаллах. М.: Мир, 1987. 616 с.

2. *Шандаров В.М.* Основы физической и квантовой оптики. Томск: Изд-во ТУСУР, 2005. 258 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ, НАВЕДЕННЫХ В КРИСТАЛЛЕ $Bi_{12}TiO_{20}$:Al ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЗАСВЕТКЕ ИЗЛУЧЕНИЕМ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 660 И 532 нм*

В.В. Попугаева, студентка 3-го курса; А.С. Акрестина, ассистентка
г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, aka_83@mail.ru

Возможность широкого применения фоторефрактивных кристаллов класса силленитов $Bi_{12}MO_{20}$ (M = Si, Ge, Ti) в качестве функциональной среды в устройствах динамической голографии и в светомодулирующих устройствах различного типа [1] обусловливает активное исследование как фоторефрактивных свойств данных кристаллов, так и способов управления их параметрами. Исследование спектральных зависимостей коэффициента поглощения позволяет получать сведения о роли дефектных центров в фотоиндуцированных явлениях в кристаллах силленитов.

Облучение кристаллов титаната висмута $Bi_{12}TiO_{20}$, легированных Ca, Cd или Fe+Cu светом из видимой области спектра (470–660 нм), приводит к увеличению оптического поглощения [2]. В работе [3] исследовались спектральные зависимости коэффициента поглощения в кристалле $Bi_{12}TiO_{20}$:Ca после последовательного облучения их зеленым и ИК-светом, что приводило к увеличению оптического поглощения в области 500–880 нм и его уменьшению в области 880–1000 нм.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований и численной аппроксимации спектральных зависимостей фотоиндуцированного поглощения в кристалле титаната висмута, легированного алюминием ($Bi_{12}TiO_{20}$:Al), наведенных лазерным излучением с длиной волны 660 и 532 нм.

В эксперименте был исследован кристалл $Bi_{12}TiO_{20}$:Al толщиной d = 6,6 мм, вырезанный вдоль кристаллографического направления [100]. Фотоиндуцированные изменения оптического поглощения наводились полупроводниковым лазером с длиной волны λ = 660 нм (интенсивность ~25,5 мВт/см^2) и импульсным лазером с λ = 532 нм (средняя интенсивность на входной грани ~34 мВт/см^2). Спектры пропускания кристаллов $T(\lambda)$ регистрировались до облучения, после облучения в течение 45 мин и в ходе релаксации, спектрофотометром Genesys2 с шагом измерения 1 нм в диапазоне 480–880 нм. Все эксперименты проводились при комнатной температуре в отсутствие внешнего освещения.

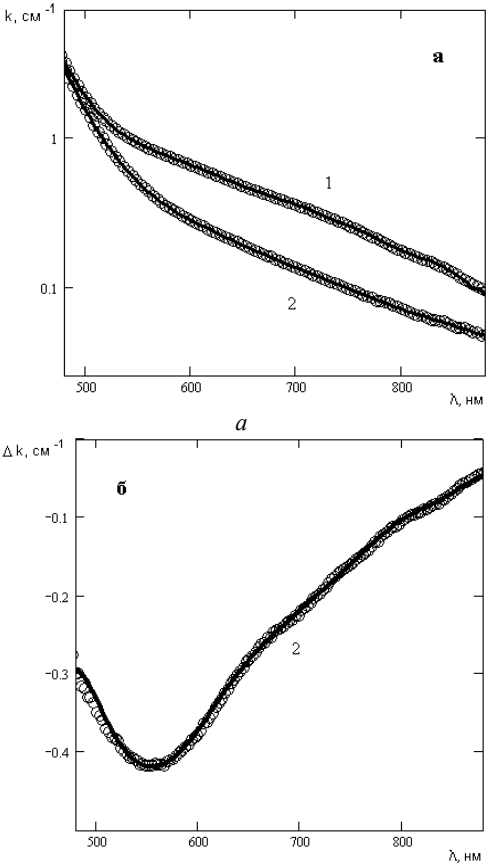
* Работа выполнена при поддержке программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)».

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

На рис. 1 представлены экспериментальные спектральные зависимости коэффициента поглощения $k(\lambda)$ кристалла $Bi_{12}TiO_{20}$:Al до облучения (кривая *1*) и после облучения светом с λ=660 нм в течение 45 минут (кривая *2*).

Как видно из рис. 1, *а*, облучение кристалла $Bi_{12}TiO_{20}$:Al непрерывным лазерным излучением из красной области спектра (λ=660 нм) приводит к уменьшению коэффициента поглощения $k(\lambda)$ во всей исследованной спектральной области. Наведенные изменения в спектре поглощения сохранялись в течение не менее 96 ч. После засветки кристалла излучением с длиной волны 532 нм в течение 45 мин коэффициент поглощения возвращался к исходному состоянию.

На рис. 1, *б* представлена разностная спектральная зависимость, отражающая изменения коэффициента поглощения $\Delta k(\lambda)$ после облучения на длине волны 660 нм, соответствующая результатам, приведенным на рис. 1, *а*. Максимальное изменение оптического поглощения, зафиксированное на длине волны 555 нм, составило ~0,41 см$^{-1}$ при значении коэффициента поглощения для исходного состояния 0,53 см$^{-1}$.



а

б

Рис. 1. Экспериментальные и расчетные спектральные зависимости коэффициента поглощения (*а*) и его изменений (*б*) в кристалле $Bi_{12}TiO_{20}$:Al: *1* – до облучения; *2* – после облучения светом с λ = 660 нм в течение 45 мин. Кружки – экспериментальные данные, сплошные линии – расчетные зависимости

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Спектральная зависимость коэффициента поглощения в кристалле $Bi_{12}TiO_{20}$:Al удовлетворительно описывается в рамках модели, учитывающей, что вклад в примесное поглощение дает как фотовозбуждение электронов в зону проводимости с глубоких донорных центров с нормальным законом распределения концентраций по энергии ионизации [4], так и внутрицентровые переходы [5]. Представленные на рис. 1 расчетные зависимости (сплошные кривые) учитывают пять внутрицентровых переходов со спектральными характеристиками в виде функций Гаусса с максимумами при энергиях кванта, равных 1,48; 1,6; 1,77; 2,17 и 2,44 эВ. Для переходов электронов в зону проводимости в рамках модели [4] были учтены три глубоких донорных центра со средними энергиями ионизации 1,18; 2,05 и 2,71 эВ.

В результате численной аппроксимации было получено, что облучение кристалла лазерным излучением с $\lambda = 660$ нм приводит к значительному уменьшению вклада внутрицентровых переходов, соответствующих квантам света с энергией 1,6, 1,77, 2,17 и 2,44 эВ. Внутрицентровый переход, инициируемый квантами с энергией, близкой к 1,48 эВ, становится невозможным. Заполнение электронами глубоких донорных центров с энергиями ионизации E_1 ~1,18 эВ и E_3 ~2,71 эВ уменьшается, а заполнение центра с E_2 ~2,05 эВ увеличивается после облучения.

Таким образом, в настоящей работе показано, что облучение кристалла $Bi_{12}TiO_{20}$:Al излучением с $\lambda = 660$ нм приводит к его просветлению в диапазоне 480–880 нм, что связано с уменьшением вклада в примесное поглощение внутрицентровых переходов и с перезарядкой донорных центров. Последующая засветка излучением с $\lambda = 532$ нм возвращает коэффициент поглощения кристалла к исходному состоянию.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В.* Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. СПб.: Наука, 1992. 318 с.

2. *Kisteneva M., Shandarov S., Vishnev A., Kiselyov R., Surtsev A., Kljajm V., Kargin Yu.,Tolstik A.* Proc. of SPIE. 2007. Vol. 6733. P. 25-1–25-6.

3. *Кистенева М.Г., Шандаров С.М., Вишнев А.С., Каргин Ю.Ф., Толстик А.Л.* Химия высоких энергий. 2008. Т. 42. №4 (приложение). С. 55–57.

4. *Толстик А.Л., Матусевич А.Ю., Кистенева М.Г. и др.* // Квантовая электроника. 2007. Т. 37, № 11. С. 1027–1032.

5. *Shandarov S.M., Kisteneva M.G., Akrestina A.S., Sivun D.O., Smirnov S.V., Kargin Yu.F., Tolstik A.L.* Proceedings Topical Meeting PR'09. Bad Honnef, Germany. 2009. P. 174–175.

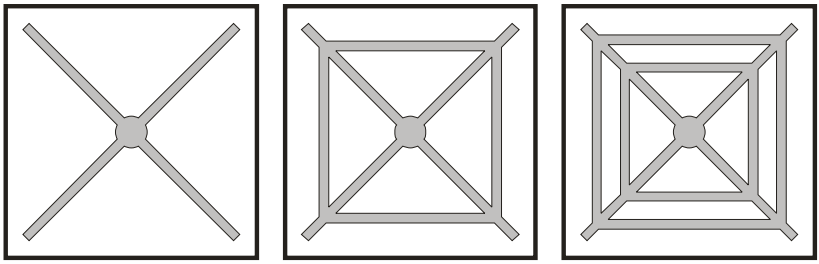
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО КРИСТАЛЛА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ

К.В. Тепляков, инженер; А.А. Вилисов, нач. лаб.;
Г.Н. Захарова, вед. инженер-конструктор;
Н.В. Амбарникова, инженер-конструктор
г. Томск, ОАО «НИИ полупроводниковых приборов»,
rjcnz-nuts@sibmail.com, vilisovaa@mail.ru

Тенденция развития полупроводниковой осветительной техники направлена на увеличение эффективности генерации и вывода излучения у излучающих диодов. Особую важность при этом приобретает разработка топологии омических контактов, поскольку именно она определяет более эффективное использование свойств активной области диодов. При разработке топологии кристалла необходимо учитывать множество явлений, влияющих на эффективность световывода, к которым относится эффект стягивания тока («Current Crowding»), отражение излучения от металла омического контакта, поглощение излучения в приконтактных областях, затенение излучающей поверхности [1].

В статье приводятся результаты исследования о влиянии топологии омического контакта кристалла на характеристики светодиодов на низкоразмерных структурах в системе AlInGaP красного цвета свечения. Исследования проводились на светодиодах, схематичное представление топологии омического контакта которых представлено на рис. 1. У каждого кристалла общим размером 800 мкм имеется центральный контакт диаметром 50 мкм и радиальные полоски шириной 14 мкм. У кристаллов, представленных на рис. 1, *б* и *в* также имеется соответственно один или два периферических контакта шириной 14 мкм. Все кристаллы изготовлены из одной технологической партии эпитаксиальных пластин.



а *б* *в*

Рис. 1. Топологии омического контакта исследуемых образцов

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Для исследуемых образцов снимались вольт-амперные характеристики, зависимости мощности излучения от прямого тока и пространственное распределение силы света. В таблице представлены результаты определения электрических и оптических параметров описанных светодиодов при прямом токе 350 мА, где $U_{пр}$ – падение прямого напряжения; P_e – мощность излучения; β – коэффициент идеальности вольт-амперных характеристик; I_v – максимальная сила света излучения; α – угол половинной интенсивности; $Ф$ – световой поток; k – световая отдача.

Использованные для изготовления эпитаксиальные структуры при малых плотностях тока характеризуются коэффициентом светоотдачи около 43 лм/Вт. С ростом прямого тока этот коэффициент существенно снижается до средних значений, приведенных в таблице.

Усредненные результаты измерения характеристик светодиодов

Кристалл	$U_{пр}$, В	P_e, мВт	β	I_v, кд	α, град	$Ф$, лм	k, лм/Вт
А	3	1,05	1,9	16,8	48	13,3	12,667
Б	4,9	1,715	6,2	12	59	13,3	7,7551
В	3,4	1,19	1,1	9,4	65	14,8	12,437

При токах 20–30 мА свечение кристаллов всех типов равномерное по площади (эффект «Current Crowding» не наблюдается). По мере увеличения прямого тока неравномерность свечения наблюдается сначала для кристаллов типа «А», затем «Б», потом «В». У кристаллов «В»-типа неравномерность излучения наблюдалось при токах близких к 350 мА.

Светодиоды с кристаллами типа «Б» имеют существенно отличающиеся величины коэффициентов идеальности и световой отдачи, что скорее всего связано с нарушением технологического процесса изготовления кристалла.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шуберт Ф.Е.* Светодиоды: Пер. с англ.; под. ред. А.Э. Юновича. 2-е изд. М.: Физматлит, 2008. 496 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

ДИСКРЕТНАЯ ДИФРАКЦИЯ СВЕТА В ОПТИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННЫХ ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ РЕШЕТКАХ В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ РАЗНОГО СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА*

П.А. Тренихин, студент

г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧиКР, paher@sibmail.com

В последние годы в нелинейной оптике проявляется особый интерес к поведению световых пучков в структурах связанных оптических волноводов [1]. Это соотносится с возможностью реализации на основе таких структур полностью оптических элементов фотоники [2].

Целью данной работы явилось исследование дискретной дифракции света в одномерных системах связанных оптических волноводов – фотонных решетках (ФР), оптически индуцированных в фоторефрактивных образцах ниобата лития ($LiNbO_3$) разного стехиометрического состава.

Одномерные ФР формировались в кристаллических подложках $LiNbO_3$ конгруэнтного и стехиометрического составов, легированных железом. Периоды ФР составляли 40 мкм, их волновые векторы были ориентированы вдоль оптической оси кристалла (ось Z).

На рис. 1 представлена схема экспериментов по записи одномерных ФР в образцах $LiNbO_3$. Излучение светодиода *1* с помощью оптического конденсора *2* и диафрагмы формировалось в виде параллельного пучка с однородным распределением интенсивности. Этот пучок освещал поверхность амплитудного транспаранта с расположенным на нем образцом. Мощность излучения светодиода составляла 500 мВт.

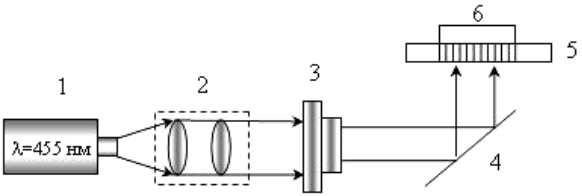


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для оптического индуцирования волноводных структур в образцах $LiNbO_3$: *1* – светодиод с длиной волны излучения λ = 455 нм; *2* – конденсор; *3* – диафрагма; *4* – зеркало; *5* – фотошаблон с различными структурами решетки; *6* – кристалл $LiNbO_3$

* Работа выполнялась в рамках и при финансовой поддержке гранта РНП.2.1.1.429 Минобрнауки РФ.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Для исследования ФР использовалось излучение He-Ne лазера с λ = 633 нм и мощностью 1 мВт (рис. 2). В этом случае ФР освещались необыкновенно поляризованным световым пучком в направлении, параллельном к плоскости структуры. Линза *9* проецировала изображение с выходной плоскости образца на матрицу ПЗС-камеры.

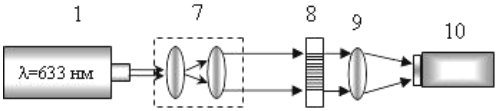


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для исследования дискретной дифракции: *1* – He-Ne лазер с длиной волны излучения 633 нм; *7* – коллиматор; *8* – кристалл со сформированной в ней структурой; *9* – линза; *10* – ПЗС камера

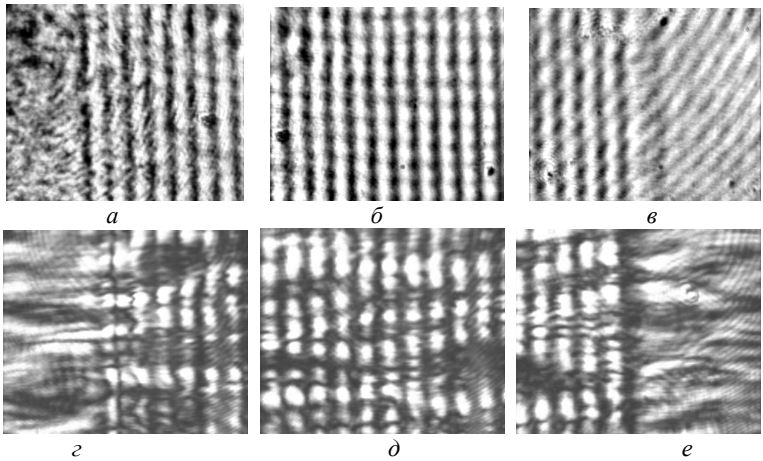
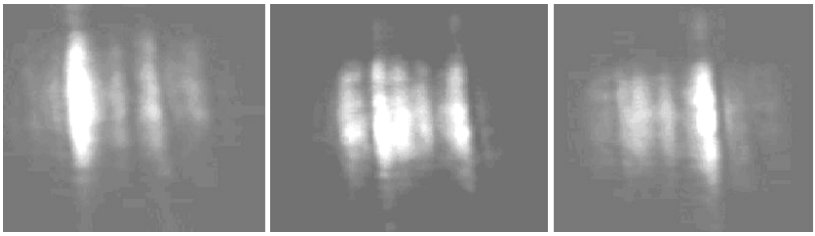


Рис. 3. Картина распределения светового поля на выходной плоскости одномерной ФР с пространственным периодом Λ = 40 мкм в образцах конгруэнтного и стехиометрического составов

Рисунок 3 иллюстрирует распределение светового поля на выходной грани кристалла в области ФР (рис. 3, *б*) и на границе ФР с однородной областью кристалла (рис. 3, *а*, *в*). Верхний ряд на рис. 3 соответствует образцу конгруэнтного состава, нижний ряд – номинально чистому образцу стехиометрического состава.

На рис. 4, *а–в* представлен случай возбуждения ФР фокусированным световым пучком. На этих рисунках максимум распределения светового поля совпадает с одним из волноводных элементов. На рис. 4, *б* максимум распределения светового поля совпадает с областью между двумя волноводными элементами.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)



а *б* *в*

Рис. 4. Картина распределения светового поля на выходной грани кристалла при зондировании фокусированным световым пучком нескольких волноводов

Проведенные эксперименты показали, что контактный метод позволяет формировать ФР с различными параметрами в кристаллах разного состава.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шандаров В.М.* Основы физической и квантовой оптики. Томск: ТУСУР, 2005. 258 с.

2. *Петров, М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В*. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. М.: Наука, 1992. 251 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НЕОДНОРОДНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫХ ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ ФПМ-ЖК СТРУКТУР

С.В. Устюжанин, ассистент; Б.Ф. Ноздреватых, аспирант;
С. Н. Шарангович, зав. каф. СВЧиКР
г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧиК, shr@tusur.ru

Одним из направлений нанофотоники [1] являются изучение процессов голографического формирования фотонных структур в фотополимерно-жидкокристалических материалах (ФПМ-ЖК) с периодически упорядоченными ЖК доменами, имеющими характерные размеры < 100 нм, и исследование процессов взаимодействия с ними светового излучения. Ранее в работе [2] было показано, что при двухпучковом голографическом формировании ФС в поглощающих ФПМ-ЖК образуются одномерные периодические структуры, в которых наблюдается эффект динамической апподизации амплитудных профилей пространственных гармоник показателя преломления (ПП). В работе [3] получена математическая модель дифракции расходящихся световых пучков на неоднородных ФС в ФПМ-ЖК с учетом неоднородности ам-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

плитудного профиля первой гармоники $n_1(\tau,y)$ ПП (рис. 1), которая позволяет провести исследования таких структур в качестве активного элемента для систем оптической связи и обработки информации.

Целью данной работы является исследование на основе численного моделирования дифракционных характеристик неоднородных электрически управляемых одномерных ФПМ-ЖК ФС при различных профилях показателя преломления и степени расходимости светового излучения.

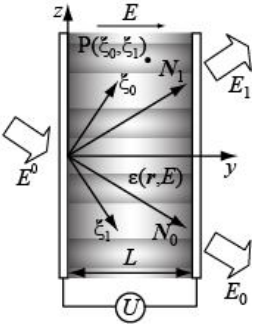


Рис. 1. Схема дифракции света на ФС в ФПМ-ЖК

Аналитическая модель

При численном моделировании использовалась аналитическая модель [3], определяющая пространственные распределения профилей световых пучков $E_0(\xi_0)$, $E_1(\xi_1)$ (рис. 2) в апертурных координатах и позволяющая численно исследовать дифракционные свойства ФС в ФПМ-ЖК с учетом неоднородного характера профиля ПП, степени расходимости считывающего светового пучка, статистики распределения ЖК молекул в капсулах и ориентационного влияния электрического поля.

На рис. 2 показаны рассмотренные в работе варианты неодродности профиля $n_1(y)$ ПП ФС: однородный (кривая *1*), спадающий (кривая *2*), колоколообразный (кривая *3*), возрастающий (кривая *4*).

Рис. 2. Зависимость $n_1(y)$

Численное моделирование

На основе решений, полученных в [3], были исследованы изменения профилей интенсивности световых пучков нулевого и первого порядков дифракции; зависимости интегральной дифракционной эффективности от параметра связи *b,* степени неоднородности ПП ФС, расходимости падающего светового пучка, соответствующей излучению одномодовых и многомодовых оптических волокон (ОВ), а также от приложенного управляющего электрического поля.

На рис. 3 показаны профили интенсивности взаимодействующих световых пучков при спадающем (*а*, *б*) и, куполообразном (*в*, *г*) профилях $n_1(y)$ ПП и сильной расходимости светового пучка (соответствующей одномодовому ОВ).

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

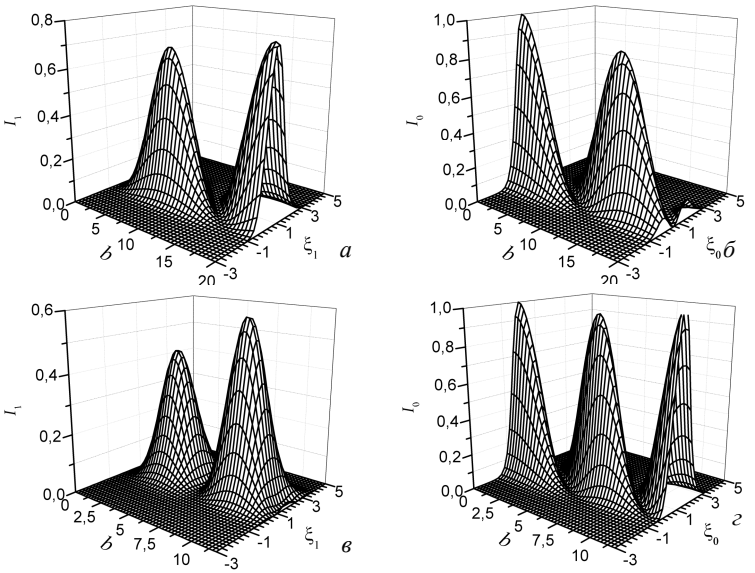


Рис. 3. Зависимость профилей интенсивности пучков
от параметра связи b: *а*, *в* – дифрагированный пучок, *б*, *г* – прошедший

Ни рис. 4 представлены зависимости интегральной дифракционной эффективности от эффективного параметра связи b_e и приложенного электрического поля. Кривая *1* описывает эффективность взаимодействия излучения многомодового ОВ с однородным ППП, кривая *3* – одномодового ОВ с ФС, имеющей однородный профиль, кривые *4*, *5* – одномодового ОВ с ФС, имеющей спадающий и колоколообразный профили соответственно; E_c – критическое напряжение.

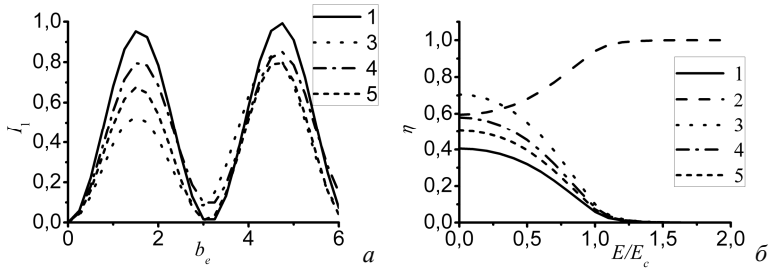


Рис. 4. Зависимости интегральной дифракционной эффективности:
а – от параметра b_e, *б* – от приложенного электрического поля

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Таким образом, результаты численного моделирования дифракционных характеристик неоднородных ФС, образованных в ФПМ-ЖК материале, показывают, что эффект динамической апподизации амплитудных профилей позволяет получить более высокие энергетические характеристики ФС при их использовании в качестве электрически управляемых спектрально-селективных коммутационных элементов фотоники.

Работа выполнена по проекту № РНП.2.1.1.429 программы «Развитие научного потенциала высшей школы» 2009–2010 г.». и ФЦП «Научные и педагогические кадры инновационной России».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Paras N. Prasad* Nanophotonics. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2004. 418 p.

2. *Довольнов Е.А., Устюжанин С.В., Шарангович С.Н.* // Известия вузов. Физика. 2006. Т. 49, № 10. С. 81–89.

3. *Устюжанин С.В., Шарангович С.Н.* // Оптика-2009: Труды Шестой междунар. конф. молодых ученых и специалистов, СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. С. 383–385.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ

С.А. Вагайцев, Н.Л. Пронин, студенты РТФ;
А.Е. Мандель, проф., каф. СВЧиКР
г. Томск, ТУСУР, 5492Sem@mail.ru

В настоящее время исследованию нелинейно-оптических монокристаллических материалов уделяется большое внимание. На их базе разрабатываются устройства, широко использующиеся при построении лазерных систем для медицины, оборонной техники, телекоммуникаций, метрологии и научных исследований. Устройства на базе нелинейно-оптических кристаллов способны модулировать лазерное излучение, преобразовывать его частоту (длину волны), менять направление распространения [1, 2].

Основной задачей работы являются разработка и создание экспериментальной установки для измерения электрооптических коэффициентов r_{ij} нелинейно-оптических кристаллов.

Электрооптическим эффектом называется изменение показателя преломления вещества под действием внешнего электрического поля. Если показатель преломления изменяется линейно с изменением на-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

пряженности электрического поля, то такой эффект носит название линейного электрооптического эффекта, или эффекта Поккельса [3].

Этот эффект можно описать при помощи электрооптических коэффициентов r_{ij}, которые связывают изменение показателя преломления с изменением напряженности приложенного электрического поля. К кристаллам, в которых наблюдается линейный электрооптический эффект. относятся ниобат лития, танталант лития, дигидрофосфат калия, KTP, RTP.

Нами разработана экспериментальная установка для измерения электрооптических коэффициентов нелинейных кристаллов. Блок-схема установки приведена на рис. 1.

В качестве источника когерентного излучения использовался гелий-неоновый лазер ЛГН–207 – *1* с длиной волны $\lambda = 633$ нм. Излучение лазера через полупрозрачное зеркало *2* поступало на кристалл *6*. Часть излучения лазера с помощью зеркала *3* поступало на фотоприемник *9* для контроля изменений мощности лазерного излучения. Поляризация светового излучения на входной грани кристалла задавалось поляроидом *4*, скрещенным с поляроидом *7*.

Управляющее напряжение на электроды кристалла подавалось от источника высоковольтного напряжения *5*. Оптический сигнал, прошедший через кристалл, регистрировался фотоприемником *8*. Обработка оптических сигналов с фотоприемников *8* и *9* проводилась с помощью АЦП *10* и компьютера *11*.

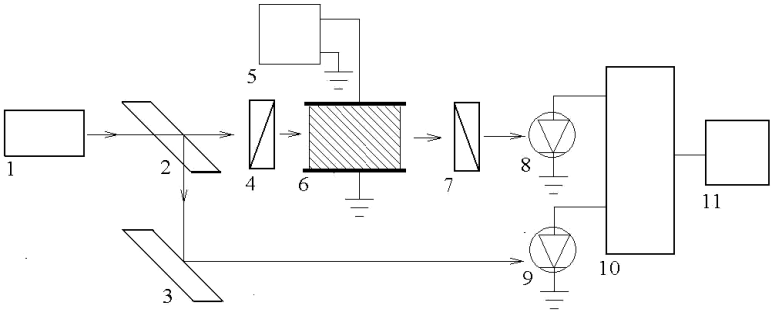


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для измерения электрооптических коэффициентов

С помощью данной установки были проведены измерения электрооптического коэффициента кристалла ниобата лития r_{33}.

Свет проходил вдоль оси *Z* кристалла. Направление поляризации света совпадает с направлением поля и с направлением кристаллографической оси *X*. Электрическое поле, подаваемое на кристалл, регу-

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

лировалось от 0 до 3 кВ с шагом 100 В. На рис. 2 представлена экспериментальная зависимость интенсивности света на выходе кристалла при изменении управляющего напряжения.

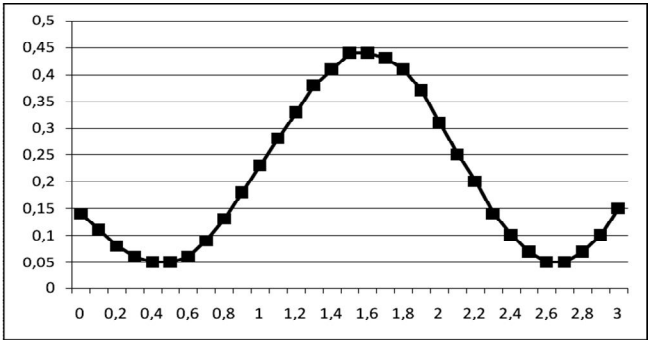


Рис. 2. Экспериментальная зависимость интенсивности света на выходе кристалла от управляющего напряжения

Коэфициент r_{33} кристалла ниобата лития, определенный из результатов измерений составлял величину $30{,}5\times10^{10}$ см/В, что совпадает с известными данными [3]. Различия измеренных нами и литературных данных не превышает 2%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гурзадян и др.* Нелинейно-оптические кристаллы. Свойства и применение в квантовой электронике: Справочник. М.: Радио и связь, 1991. 160 с.

2. *Бережной А.А.* Электрооптические модуляторы и затворы // Оптический журнал. 1999. Т. 66. № 6. С. 3–19.

3. *Мустель Е.Р., Парыгин В.Н.* Методы модуляции и сканирования света. М.: Наука, 1970. 296 с.

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

А.С. Аникин
ВЛИЯНИЕ ИСКАЖЕНИЙ ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА НА ОШИБКИ АМПЛИТУДНОГО ПЕЛЕНГАТОРА НА НАЗЕМНЫХ ТРАССАХ 9

В.Ю. Баженов, А.В. Кузовников, И.А. Гуляев, А.Л. Дерябин, В.А. Агуреев
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ НАЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ РАДИОСИГНАЛОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ..... 12

В.С. Беликов, Ф.Н. Захаров, А.А. Васильев
УВЕЛИЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ПОРЯДКА РАЗНОСТНЫХ УРАВНЕНИЙ..... 15

А.А. Будаев, В.П. Денисов
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НАЗЕМНЫХ РЛС С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ..... 18

Н.В. Демаков, В.А. Кураков
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ В ПАССИВНЫХ СИСТЕМАХ РАДИОМОНИТОРИНГА 21

А.Л. Дерябин, А.В. Кузовников, В.А. Агуреев, В.Ю. Баженов
МЕТОДЫ АДАПТИВНОЙ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ 23

Е.Ю. Дикий, А.А. Мещеряков
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ ФАЗОВОГО ПЕЛЕНГАТОРА 10-САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА 27

В.А. Громов, Г.С. Шарыгин
МОНОИМПУЛЬСНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ В ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ РЛС ПО УГЛУ ЭЛЛИПТИЧНОСТИ..... 30

В.П. Ильченко, В.Ю. Лебедев,В.И. Тисленко
ПРЕЦИЗИОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕНЕРАТОРОВ НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ КОСМИЧЕСКИХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ 33

М.С. Храмов, Р.К. Бикбаев, Д.А. Петин, С.В. Сивухин
МИНИ-СОДАР ДЛЯ АТМОСФЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 36

В.Ю. Конев, А.И. Климов
СТАБИЛИЗАЦИЯ НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЫ СВЧ-КОЛЕБАНИЙ НАНОСЕКУНДНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ГАННА ТРЕХСАНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА..... 38

А.Ф. Кривошапкина
ПЛОТНОСТЬ ГРОЗОВЫХ РАЗРЯДОВ В СЕВЕРНОЙ АЗИИ..... 41

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Е.В. Лисунов, П.П. Щербаков, Е.И. Рязанов,
А.Н. Мещеряков, Е.В. Заречин
ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ЦУНАМИ 44
А.Ю. Маркова
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗНОСТИ ПРИХОДА ГРОЗОВОГО РАЗРЯДА НА ПУНКТЫ СИСТЕМЫ ГРОЗОЛОКАЦИИ 47
И.Л. Михеев
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПИРАЛЬНЫХ АНТЕНН ДЛЯ ПРИЕМА СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ GPS / ГЛОНАСС / GALILEO 50
М.В. Миронов, В.А. Громов, Е.П. Ворошилин
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ GPS-КОМПАСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GPS-ПРИЕМНИКОВ 53
М.В. Миронов, Е.П. Ворошилин, Г.С. Шарыгин
МНОГОПОЗИЦИОННАЯ ПАССИВНАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА НАЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ 56
А.В. Новиков
МЕТОД «ВРАЩАЮЩЕГОСЯ» ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ 58
П.В. Полюхович, А.А. Мещеряков
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВУХПОЗИЦИОННОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛОВ GPS 62
А.С. Раков, Д.С. Раков
АКУСТИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ 65
А.В. Серов, В.А. Кураков
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ РАДИОМОНИТОРИНГА 67
С.С. Шмаков, А.А. Мещеряков
ПРОГРАММА ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ 70
Л.Д. Тарабукина
РЕГИСТРАЦИЯ СВЯЗАННЫХ ОНЧ- И СНЧ- РАДИОИМПУЛЬСОВ В ПОЛОСТИ ВОЛНОВОДА ЗЕМЛЯ–ИОНОСФЕРА 72
П.В. Уйданов
НАХОЖДЕНИЕ ЗЕРКАЛЬНО ОТРАЖАЮЩИХ ТОЧЕК НА НАЗЕМНЫХ ТРАССАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН 75
А.Р. Якупов, П.И. Танцай
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ СИНХРОНИЗАЦИИ ШКАЛ ВРЕМЕНИ МЕТОДОМ ЗАПРОСНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ 78

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Л.Л. Егоров
КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЗОН ПОКРЫТИЙ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ 80
Л.Л. Егоров
ВАРЬИРОВАНИЕ ЗОН ОБСЛУЖИВАНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ УРОВНЯМИ ПОРОГОВ ДОСТУПА ДЛЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ 82
К.И. Зайцев
ВЛИЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ РАЗНОСТИ ЧАСТОТ ОПОРНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПРИЕМНИКА И ПЕРЕДАТЧИКА СИСТЕМЫ С ЛЧМ НА ОЦЕНКУ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРОПОСФЕРНОГО КАНАЛА 83

СЕКЦИЯ 2
ЗАЩИЩЕННЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Е.А. Большанина, А.М. Голиков
ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК И БЕЗОПАСНОСТИ СЕТИ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТА IEEE 802.11 87
П.Е. Ефремов
СИСТЕМА IP-ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ VPN 90
А.Ю. Горковенко
ПОСТРОЕНИЕ МЕЖСЕТЕВОГО ЭКРАНА И VPN-СЕТИ НА ОСНОВЕ MICROSOFT ISA SERVER 2006 93
А.И. Кураленко, В.В. Гордеев, А.А. Матвеев, В.Ю. Гущин, Ю.В. Гриняев,
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОСТЕЙШЕЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ 101
В.С. Карякин
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АДМИНИСТРИРОВАНИЯ СЕТЕВЫХ ФУНКЦИЙ Windows Server 2008 103
П.В. Колесниченко
АДАПТАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО КОДА В СЕТЯХ WIMAX ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АБОНЕНТСКОЙ СТАНЦИИ 106
А.А. Котельников
МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ТЕРМИНАЛЬНОГО СЕРВЕРА НА ПЛАТФОРМЕ Windows Server 2008 107
И.Ю. Ляпин
УЧЕБНЫЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ФИРМЫ «АКТАКОМ» 109
К.В. Лыскова
ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ СЕРВЕРА Windows Server 2003 111

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Н.В. Макаров
СИСТЕМЫ ВИДЕОМОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ СОТОВОЙ СВЯЗИ 113
А.А. Матросов, А.М. Голиков
МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ЗАЩИЩЕННОГО СЕРВЕРА С ТЕРМИНАЛЬНЫМ ДОСТУПОМ НА ОСНОВЕ Windows Server 2003 118
М.Т Немтаев
КЛАСТЕР ВЫСОКОЙ ГОТОВНОСТИ 121
Д.Н. Плютов
ТЕРМИНАЛЬНЫЙ СЕРВЕР Windows Server 2008 123
П.А. Синегубов
ЗАЩИЩЕННЫЙ ИНТЕРНЕТ С VPN-ДОСТУПОМ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ 125
Д.В. Уваровский
СИСТЕМА IP-ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ WiFi 128

СЕКЦИЯ 3

АУДИОВИЗУАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, БЫТОВАЯ РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА И СЕРВИС

Е.В. Зайцева
ПРИМЕНЕНИЕ АППРОКСИМАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ГЛАЗА ПРИ РАСЧЕТЕ СВЕТОВОЙ ОСВЕЩЁННОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ 131
А.В. Железняк, А.С. Рудникович
БЫСТРЫЙ АЛГОРИТМ ПОЛУПИКСЕЛЬНОЙ ДИАГОНАЛЬНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ МНОГОКОНВЕЙЕРНЫХ ПРОЦЕССОРОВ 134
Р.Р. Ахунов
ОБЗОР ФОРМАТОВ ХРАНЕНИЯ РАЗРЕЖЕННЫХ МАТРИЦ 137
И.Г. Бевзенко
ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО И ПРОДОЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МОДАЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ИМПУЛЬСА В ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ 140
И.Г. Бевзенко
ЛИЯНИЕ ПРОТЯЖЕННОСТИ ДЛИНЫ КАБЕЛЯ НА МОДАЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ИМПУЛЬСА В ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ 142
ПП.В. Бухаров
РИМЕНЕНИЕ ФЭУ В ИССЛЕДОВАНИЯХ И РАЗРАБОТКЕ ТЕЛЕВИЗИОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 144
В.В. Капустин, К.А. Прейс, Г.Д. Казанцев, А.Г. Костевич
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ИЗУЧЕНИЮ ФОРМАТОВ JPEG 146
О.А. Кривцов
МЕТОДЫ ТРЕКИНГА ГОЛОВЫ ЧЕЛОВЕКА НА ВИДЕО 149

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

О.М. Кузнецова-Таджибаева, И.Е. Самотин
ВАРИАНТЫ КОНСТРУКТИВНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕЧАТНОГО МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА 153
А.В. Лепунов, С.Ф. Ануфриев, Н.И. Токарев, В.А. Шалимов
ЦИФРОВОЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ БОРТОВОЙ СЕТИ АВТОМОБИЛЯ 155
М.Н. Литвинова
СОЗДАНИЕ ПРИВЯЗКИ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ К СХЕМНОМУ КОМПОНЕНТУ В СИСТЕМЕ ALTIUM DESIGNER 157
А.О. Мелкозеров
РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ЭВОЛЮЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СТРУКТУР ПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ 160
А.С. Попов, А.М. Воробьев
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ 163
Ю.Е. Решетников, И.Е. Самотин
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В АКТИВНОЙ И ПАССИВНОЙ ЛИНИЯХ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА 166
А.С. Рудникович
СЕПАРАБЕЛЬНАЯ БИЛАТЕРАЛЬНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ В ЗАДАЧАХ ПРЕДОБРАБОТКИ ВИДЕОДАННЫХ 169
И.Е. Самотин
ВЛИЯНИЕ СЕГМЕНТАЦИИ СТРУКТУРЫ НА РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ 172
Н.А. Семененко, В.А.Потехин
ЛАБОРАТОРНЫЙ МАКЕТ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МК ATMEGA 175
Е.А. Шеломенцева, В.Ф. Коновалов
ИМПУЛЬСНЫЙ ИНФРАКРАСНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ПРОЖЕКТОР 176
О.В. Сионина, Н.И. Богатырева, О.Б. Жамбалова
МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ДАТЧИКОВ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ КОНТРОЛЯ И НАБЛЮДЕНИЯ .. 179
М.К. Смирнова, А.М. Заболоцкий
КВАЗИСТАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАБЕЛЬНОГО ЖГУТА В СИСТЕМЕ TALGAT 181
М.И. Васильева, Е.Г. Степанова
ОХРАННАЯ ПАНЕЛЬ 184
А.В. Волков, В.А. Шалимов
ВЛИЯНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СИСТЕМ ВИДЕНИЯ В СЛОЖНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ 187

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СЕКЦИЯ 4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИОМЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ

П.В. Бомбизов, А.Г. Егоров, А.Л. Шипицын
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ 190
Е.В. Бугров
КОРРЕКЦИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ МЕТОДАМИ ВИЗУАЛЬНОЙ ФОТО- (ИЛИ ЦВЕТО-) СТИМУЛЯЦИИ..... 192
Е.В. Бугров, В.А. Малыгин
ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА 194
Т.В. Елонова, Д. Богатырева
АППАРАТ БИОРЕЗОНАНСНОЙ ТЕРАПИИ («ЦЕППЕР») 197
А.В. Ермолаев, К.В. Мотрунчик
ЭЛЕКТРОННЫЙ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ И ИОНИЗАТОР ВОЗДУХА 199
С.Г. Еханин А.И. Головизин, Е.А. Кубяк
МЕТОД АКУПУНКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ НА ОСНОВЕ КИРЛИАН-ЭФФЕКТА 202
А.И. Головизин, Е.А. Кубяк
ПОРТАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО КИРЛИАН-ДИАГНОСТИКИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК..... 204
Я.Г. Лазарев, А.А. Захаров
РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРИСЕРДЕЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ..... 206
А.С. Лозовецкий, И.А. Никифоров, Ф.Г. Попов, В.А. Молошников
ПОРТАТИВНОЕ УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СЧЕТЧИКА..... 209
К.В. Майборода, С.В. Прилипкин
ИСПЫТАНИЕ ПОРТАТИВНОГО ПРИБОРА ДЛЯ ПОИСКА ГЕОПАТОГЕННЫХ ЗОН..... 212
Е.В. Николаева, Е.С. Новикова, А.П. Санников, К.К. Шульженко, Е К. Интемиров
УСТРОЙСТВО ПОИСКА ГЕОПАТОГЕННЫХ ЗОН..... 215
П.М. Пинкольский
АВТОНОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯТОРЫ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА С ЭНДОГЕННЫМ ИОНОФОРЕЗОМ СЕЛЕНА... 218
А.Г. Понизов, Р.Ф. Нигматуллин
АУДИОМЕТР ПОРТАТИВНЫЙ, ОСНОВАННЫЙ НА КОСТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ 221
И.С. Тен, Е.С. Худякова
ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЩГК В СВЕРХСИЛЬНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ..... 223

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

СЕКЦИЯ 5

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

С.А. Артищев, Э.В. Семенов
ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ КОНТАКТА МЕТАЛЛ–ОКИСЕЛ–МЕТАЛЛ..... 226
С.А. Артищев, Э.В. Семенов
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО КОНТАКТА МЕТАЛЛ–ОКИСЕЛ–МЕТАЛЛ..... 229
Т.Х. Бибиков, Э.В. Семенов, Н.Д. Малютин
ДИАГНОСТИКА КАЧЕСТВА НЕЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ Х-ПАРАМЕТРОВ ПРИ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ..... 232
А.А. Бомбизов
АДАПТАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ..... 235
А.О. Чудинов, Е.И. Розина, А.В. Филатов
АЛГОРИТМЫ АВТОКАЛИБРОВКИ МИКРОВОЛНОВЫХ РАДИОМЕТРОВ..... 238
Т.В. Иванова, А.С. Ковырев, М.Н. Кольчурин; А.Ф. Пустовойт
УСТРОЙСТВО ПОДСЧЕТА ПОСЕТИТЕЛЕЙ С ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ ПО GPRS-КАНАЛУ НА ЦЕНТРАЛЬНЫЙ СЕРВЕР..... 241
С.П. Караульных, А.Г. Лощилов
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ PNVNA-1500..... 244
И.О. Хисамиев, А.Г. Лощилов
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ НЕЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ..... 247
Р.Р. Маньянов, А.Г. Лощилов
РАЗРАБОТКА ОСНОВНОГО ИНТЕРФЕЙСА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ..... 250
В.И. Туев, А.Г. Голубев, Е.Л. Маркин, П.С. Саранцев, А.В. Тимохин
СКВОЗНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В УСЛОВИЯХ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ..... 252
А.Ф. Пустовойт, Ю.Г. Матюшина, И.А. Ковальчук
РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ИНФРАКРАСНОЙ САУНЫ-КАБИНЫ..... 254
К.Ю. Осипов, Л.Э. Великовский
РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОЩНЫХ СВЧ-УСИЛИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ALGAN/GAN HEMT..... 257
А.П. Павлов, Э.В. Семёнов
ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО НЕЛИНЕЙНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕПЕЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ..... 259

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Д.С. Попов, А.А. Ильин, А.Г. Лощилов
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СВЧ-СТРУКТУР
С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРА 263
А.А. Зайцев
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ФИЛЬТРА КОНТУРА
УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ИМПУЛЬСНОЙ ФАЗОВОЙ
АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ 266
Н.О. Жуков, А.В. Убайчин
УСТРОЙСТВО ОТЛАДКИ РАДИОМЕТРОВ С ЦИФРОВЫМ
УПРАВЛЕНИЕМ ПОДШУМЛИВАНИЕМ 269

СЕКЦИЯ 6

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

И.О. Михнов, В.С. Крат, И.А. Медведев, М.Ю. Катаев
РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРА ДИСПЕТЧЕРА АК «ТРАНСНЕФТЬ» 272
Е.В. Полонская
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
СУБД MS SQL SERVER, POSTGRESQL, MYSQL И MS ACCESS 274
РВ.В. Шуринов, Д.Ю. Майков,
АЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ» 277
А.В. Тунгусова, М.Ю. Катаев
SVD-МОДЕЛИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ 279
А.В. Зиновьев, М.Ю. Катаев
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ О ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ 281
Д.Б. Мавлянова, М.А. Мулькова, Е.О. Харичкина,
Н.В. Хван, М.Ю. Катаев
ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГ СТУДЕНЧЕСКОГО ПРОЕКТА 282
Р.И. Уколов, П.А. Пяк, М.Ю. Катаев
МЕТОДОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
ПРЕДПРИЯТИЯ 283
Л.В. Широков, Ч.Б. Цыриторов, М.Ю. Катаев
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА И АНАЛИЗ ЕГО ДВИЖЕНИЙ
ПО ВИДЕОРЯДУ 284
Н.В. Замятин, А.В. Дунаев, О.С. Голышева
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 285
М.А. Горькавый, В.А. Соловьев
РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОГО МОДУЛЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ
ОСНОВНЫМИ ФОНДАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 287
Н.А. Косарев, Е.С.Тимонов, В.Н. Булатов
АППРОКСИМАЦИЯ ЗАВИСИМОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ МАКСИМУМА
ОГИБАЮЩЕЙ СПЕКТРА ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАДИОИМПУЛЬСА 289

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

А.А. Лощинова, О.С. Жеребцова, М.В. Григорьева
АВТОМАТИЗАЦИЯ ВНЕБЮДЖЕТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ВУЗА: ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УСЛУГИ 292
А.К. Лукьянов, М.Ю. Катаев
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ СПУТНИКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ 294
Н.В. Мамонова
РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ 295

СЕКЦИЯ 7
ОПТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАНОФОТОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

М.Ю. Аверкина, Н.С. Басько, Р.К. Нурыев
ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СПЕКТРА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ИТТЕРБИЙ-ЭРБИЕВОГО СТЕКЛА 299
К.С. Калугин, А.А. Вилисов
РАЗРАБОТКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕЛЕЙ 301
А.В. Каншу, В.М. Шандаров, п К. Хаунхорст, Д. Кип
РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА В ОДНОМЕРНОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ВОЛНОВОДНОЙ СТРУКТУРЕ СО СЛУЧАЙНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ 302
Р.С. Ким, Л.А. Кабанова, А.А. Колегов, С.С. Шмаков
ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА 305
С.М. Козлова
ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОФИЛЕЙ ОДНОМЕРНЫХ ГАУССОВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ ФАБРИ–ПЕРО 308
М.М. Михайлов, А.Н. Лапин
СПЕКТРЫ ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ И РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ МИКРОПОРОШКОВ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ZRO_2 311
К.М. Мамбетова
ВРЕМЕННЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ КАРТИН ФОТОИНДУЦИРОВАННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ 314
М.В. Монахова, Д.А. Евсеева
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗОВЫХ ТРАНСПАРАНТОВ В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ НИОБАТЕ ЛИТИЯ НА ОСНОВЕ ПРОЕКЦИОННОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ 317

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

А.Н. Парханюк, Д.В. Фролов
ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛАДА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ОПТИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В НИОБАТЕ ЛИТИЯ 320

В.В. Щербина, М.В. Бородин, Д.О. Анисимов, А.Ю. Печенкин
ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР НА Х-СРЕЗЕ $LiNbO_3$ 322

А.С. Перин
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПРОФИЛЕЙ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ КРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ .. 325

В.В. Попугаева, А.С. Акрестина
СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ, НАВЕДЕННЫХ В КРИСТАЛЛЕ $Bi_{12}TiO_{20}$:Al ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЗАСВЕТКЕ ИЗЛУЧЕНИЕМ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ 660 И 532 нм 329

К.В. Тепляков, А.А. Вилисов, Г.Н. Захарова, Н.В. Амбарникова
ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО КРИСТАЛЛА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ 332

П.А. Тренихин
ДИСКРЕТНАЯ ДИФРАКЦИЯ СВЕТА В ОПТИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННЫХ ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ РЕШЕТКАХ В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ РАЗНОГО СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА 334

С.В. Устюжанин, Б.Ф. Ноздреватых, С. Н. Шарангович
МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НЕОДНОРОДНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫХ ОДНОМЕРНЫХ ФОТОННЫХ ФПМ-ЖК СТРУКТУР 336

С.А. Вагайцев, Н.Л. Пронин, А.Е. Мандель
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ..... 339

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

Научное издание

Научная сессия ТУСУР-2010

Материалы
Всероссийской научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
4–7 мая 2010 г., Томск, Россия
В пяти частях

Часть 1

Корректор – **В.Г. Лихачева**
Верстка **В.М. Бочкаревой**

Издательство «В-Спектр».
Сдано на верстку 13.03.2010. Подписано к печати 23.04.2010.
Формат $60\times84^{1}/_{16}$. Печать трафаретная.
Печ. л. 22. Усл. печ. 20,7.
Тираж 150 экз. Заказ 20.

Тираж отпечатан в издательстве «В-Спектр».
ИНН/КПП 7017129340/701701001, ОГРН 1057002637768
634055, г. Томск, пр. Академический, 13-24, т. 49-09-91.
E-mail: bmwm@list.ru

Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)