ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ПРИГЛАШАЕТ





Преимущества обучения в ТУСУРе:

- ◆ Полученное в ТУСУРе образование гарантирует 100% -ное трудоустройство, достойные условия труда, высокую зарплату и карьерный рост по службе.
- Высокое качество образования в ТУСУРе основано:
- на высокой квалификации преподавательского состава;
- на высоком уровне научных исследований;
- на современной материальной базе учебного процесса;
- на применении в обучении инновационных технологий.
- Наряду с выбранной специальностью студенты ТУСУРа получают знания по современным информационным технологиям и основам ведения наукоемкого бизнеса.

Выбирая будущее, выбирай ТУСУР! www.tusur.ru



НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР-2012



МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,

посвященной 50-летию ТУСУРа 16–18 мая 2012 г. (В пяти частях)

ЧАСТЬ 2

Томск

Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР-2012

Материалы

Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2012», посвященной 50-летию ТУСУРа

16-18 мая 2012 г., г. Томск

В пяти частях

Часть 2

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

Н 34 **Научная сессия ТУСУР–2012:** Материалы Всероссийской научнотехнической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 16–18 мая 2012 г. – Томск: В-Спектр, 2012: В 5 частях. – Ч 2. – 336 с

ISBN 978-5-91191-246-8 ISBN 978-5-91191-248-2 (H. 2)

Материалы 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 электрои радиосвязи, вопросам проектирования и технологии радиоэлектронных средств, аудиовизуальной техники, бытовой радиоэлектронной аппаратуры, а также автоматизированы[систем 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 статьи по математическому моделированию в технике, экономике и менеджменте, антикризисному управлению, автоматизации управления в технике и образовании, а также работы, касающиеся социокультурных проблем современности, экологии, мониторинга окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

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

Всероссийская

научно-техническая конференция студентов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2012», посвященная 50-летию ТУСУРа 16–18 мая 2012 г.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

- Шурыгин Ю.А. председатель Программного комитета, ректор ТУСУРа, заслуженный деятель науки РФ, профессор, д.т.н.;
- ➤ Шелупанов А.А. сопредседатель Программного комитета, проректор по НР ТУСУРа, зав. каф. КИБЭВС ТУСУРа, профессор, д.т.н.;
- *Беляев Б.А.*, зав. лабораторией электродинамики» Ин-та физики СО РАН, д.т.н., г. Красноярск;
- *Ворошилин Е.П.*, зав. каф. ТОР, к.т.н.;
- *> Голиков А.М.*, доцент каф. РТС, к.т.н.;
- **Грик Н.А.**, зав. каф. ИСР, профессор, д.ист.н.;
- Давыдова Е.М., зам. зав. каф. КИБЭВС по УР, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.;
- > Дмитриев В.М., зав. каф. ТОЭ, профессор, д.т.н.;
- **Еханин** С.Г., профессор каф. КУДР, доцент, д.ф.-м.н.;
- *Ехлаков Ю.П.*, проректор по информатизации и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, профессор, д.т.н.;
- > Зариковская Н.В., доцент каф. ФЭ, к.ф.-м.н.;
- **Карташев** А.Г., профессор каф. РЭТЭМ, д.б.н.;
- ➤ Катаев М.Ю., профессор каф. АСУ, д.т.н.;
- Коцубинский В.П., зам. зав. каф. КСУП, доцент каф. КСУП, к.т.н.;
- » Лощилов А.Г., с.н.с. СКБ «Смена» ТУСУРа, к.т.н.;
- Лукин В.П., директор отд. распространения волн Ин-та оптики атмосферы СО РАН, почетный член Американского оптического общества, профессор, д.ф.-м.н., г. Томск;
- Малюк А.А., декан фак-та информационной безопасности МИФИ, к.т.н., г. Москва;
- ▶ Малютин Н.Д., начальник НУ ТУСУРа, директор НОЦ «Нанотехнологии», профессор, д.т.н.;

- Мещеряков Р.В., зам. начальника НУ ТУСУРа, доцент, зам. зав. каф. КИБЭВС по НР, к.т.н.;
- Мицель А.А., профессор, зам. зав. каф. АСУ, д.т.н.;
- Осипов Ю.М., зав. отделением каф. ЮНЕСКО ТУСУРа, академик Международной академии информатизации, д.э.н., д.т.н., профессор;
- > *Пустынский И.Н.*, зав. каф. ТУ, заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор, д.т.н.;
- ▶ Разинкин В.П., профессор, каф. ТОР НГТУ, д.т.н., г. Новосибирск;
- Семиглазов А.М., профессор каф. ТУ, д.т.н.;
- Услова Т.И., декан ГФ, зав. каф. ФС, доцент, д.ф.н.;
- **Титов** А.А., профессор каф. РЗИ, доцент, д.т.н.;
- > Троян П.Е., зав. каф. ФЭ, профессор, д.т.н.;
- Уваров А.Ф., проректор по инновационному развитию и международной деятельности ТУСУРа, зав. каф. УИ, к.э.н.;
- Ходашинский И.А., профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.;
- **У** Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.ф.-м.н.;
- **Шарангович** С.Н., профессор, зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н.;
- **Шарыгин** Г.С., зав. каф. РТС, профессор, д.т.н.;
- **Шостак** А.С., профессор каф. КИПР, д.т.н.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

- Шелупанов А.А. председатель Организационного комитета, проректор по НР ТУСУРа, зав. каф. КИБЭВС, профессор, д.т.н.;
- Ярымова И.А. зам. председателя Оргкомитета, зав. ОППО ТУСУРа, к.б.н.:
- ▶ Юрченкова Е.А. секретарь Оргкомитета, инженер ОППО ТУСУРа. к.х.н.

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

- Секция 1. Радиотехнические системы и распространение радиоволн. Председатель секции Шарыгин Герман Сергеевич, зав. каф. РТС, д.т.н., проф.; зам. председателя Тисленко Владимир Ильич, проф. каф. РТС, д.т.н., доцент.
- Секция 2. Защищенные телекоммуникационные системы. Председатель секции Голиков Александр Михайлович, доцент каф. РТС, к.т.н.; зам. председателя Бернгардт Александр Самуилович, доцент каф. РТС, к.т.н.
- Секция 3. Аудиовизуальная техника, бытовая радиоэлектронная аппаратура и сервис. Председатель секции Пустынский Иван Николаевич, зав. каф. ТУ, проф., д.т.н.; зам. председателя Костевич Анатолий Геннадьевич, с.н.с. каф. ТУ НИЧ, к.т.н.

- Секция 4. Проектирование биомедицинской аппаратуры. Председатель секции Еханин Сергей Георгиевич, проф. каф. КУДР, доцент, д.ф.-м.н.; зам. председателя Романовский Михаил Николаевич, доцент каф. КУДР, к.т.н.
- Секция 5. Конструирование и технологии радиоэлектронных средств. Председатель секции Лощилов Антон Геннадьевич, с.н.с. СКБ «Смена», к.т.н.; зам. председателя Бомбизов Александр Александрович, м.н.с. СКБ «Смена».
- Секция 6. Проектирование и эксплуатация радиоэлектронных средств. Председатель секции Шостак Аркадий Степанович, проф. каф. КИПР, д.т.н.; зам. председателя Озёркин Денис Витальевич, декан РКФ, доцент каф. КИПР, к.т.н.
- Секция 7. Радиотехника. Председатель секции Титов Александр Анатольевич, проф. каф. РЗИ, доцент, д.т.н.; зам. председателя Семенов Эдуард Валерьевич, доцент каф. РЗИ, к.т.н.
- Секция 8. Оптические информационные технологии, нанофотоника и оптоэлектроника. Председатель секции Шарангович Сергей Николаевич, проф., зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н.; зам. председателя Буримов Николай Иванович, зав. УНЛ каф. ЭП НИЧ, к.т.н.
- Секция 9. Инфокоммуникационные технологии и системы широкополосного беспроводного доступа. Председатель секции Ворошилин Евгений Павлович, зав. каф. ТОР, к.т.н.; зам. председателя Белов Владимир Иванович, доцент каф. ТОР, к.т.н.
- Секция 10. Интегрированные информационно-управляющие системы. Председатель секции Катаев Михаил Юрьевич, проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя Бойченко Иван Валентинович, доцент каф. АСУ, к.т.н.
- Секция 11. Физическая и плазменная электроника. Председатель секции Троян Павел Ефимович, зав. каф. ФЭ, проф., д.т.н.; зам. председателя Смирнов Серафим Всеволодович, проф. каф. ФЭ, д.т.н.
- Секция 12. Промышленная электроника. Председатель секции Михальченко Геннадий Яковлевич, директор НИИ ПрЭ, проф., д.т.н.; зам. председателя Семенов Валерий Дмитрииевич, проф., зам. зав. каф. ПрЭ по HP, к.т.н.
- Секция 13. Распределенные информационные технологии. Председатель секции Ехлаков Юрий Поликарпович, проректор по информатизации и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, проф., д.т.н.; зам. председателя Сенченко Павел Васильевич, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.

- Подсекция 13.1. Распределённые информационные технологии и системы. Председатель секции Ехлаков Юрий Поликарпович, проректор по информатизации и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, проф., д.т.н.; зам. председателя Сенченко Павел Васильевич, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.
- Подсекция 13.2. Современные библиотечные технологии. Председатель секции Абдрахманова Марина Викторовна, директор библиотеки ТУСУРа; зам. председателя Карауш Александр Сергеевич, доцент каф. РЗИ, к.т.н.
- Секция 14. Информационно-измерительные приборы и устройства. Председатель секции Черепанов Олег Иванович, проф. каф. ЭСАУ, д.ф.-м.н.; зам. председателя Шидловский Виктор Станиславович, доцент каф. ЭСАУ, к.т.н.
- Секция 15. Вычислительный интеллект. Председатель секции Ходашинский Илья Александрович, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.; зам. председателя Лавыгина Анна Владимировна, ст. преп. каф. АОИ, к.т.н.
- Секция 16. Аппаратно-программные средства в системах управления и проектирования. Председатель секции Шурыгин Юрий Алексеевич, ректор ТУСУРа, зав. каф. КСУП, проф., д.т.н.; зам. председателя Коцубинский Владислав Петрович, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 16.1. Интеллектуальные системы проектирования технических устройств. Председатель секции Черкашин Михаил Владимирович, декан ФВС, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 16.2. Адаптация математических моделей для имитации сложных технических систем. Председатель секции Коцубинский Владислав Петрович, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 16.3. Инструментальные средства поддержки автоматизированного проектирования и управления. Председатель секции Рыбалка Евгений Николаевич, ст. преп. каф. КСУП.
- Секция 17. Автоматизация технологических процессов. Председатель секции Давыдова Елена Михайловна, доцент, зам. зав. каф. КИБЭВС по УР, к.т.н.; зам. председателя Зыков Дмитрий Дмитриевич, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
- Секция 18. Методы и системы защиты информации. Информационная безопасность. Председатель секции Шелупанов Александр Александрович, проректор по НР ТУСУРа, зав. каф. КИБЭВС, проф., д.т.н.; зам. председателя Мещеряков Роман Валерьевич, зам. начальника НУ, зам. зав. каф. КИБЭВС по НР, доцент, к.т.н.

- Секция 19. Математическое моделирование в технике, экономике и менеджменте. Председатель секции Мицель Артур Александрович, проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя Зариковская Наталья Вячеславовна, доцент каф. ФЭ, к.ф.-м.н.
- Подсекция 19.1. Моделирование в естественных и технических науках. Председатель секции Зариковская Наталья Вячеславовна, доцент каф. ФЭ, к.ф.-м.н.; зам. председателя Колотаев Илья Владимирович, ассистент каф. АСУ.
- Подсекция 19.2. Моделирование, имитация и оптимизация в экономике. Председатель секции — Мицель Артур Александрович, проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя — Кузьмина Елена Александровна, доцент каф. АСУ, к.т.н.
- Секция 20. Экономика и управление. Председатель секции Осипов Юрий Мирзоевич, зав. отделением каф. ЮНЕСКО, д.э.н., д.т.н., проф.; зам. председателя Васильковская Наталья Борисовна, доцент каф. экономики, к.э.н.
- Секция 21. Антикризисное управление. Председатель секции Семиглазов Анатолий Михайлович, проф. каф. ТУ, д.т.н.; зам. председателя Бут Олеся Анатольевна, ассистент каф. ТУ.
- Секция 22. Экология и мониторинг окружающей среды. Безопасность жизнедеятельности. Председатель секции Карташев Александр Георгиевич, проф. каф. РЭТЭМ, д.б.н.; зам. председателя Смолина Татьяна Владимировна, доцент каф. РЭТЭМ, к.б.н.
- Секция 23. Актуальные проблемы социальной работы в современном обществе. Председатель секции Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, проф., д.ист.н.; зам. председателя Баранова Мария Николаевна, инженер каф. ИСР.
- Секция 24. Инновационные проекты, студенческие идеи и проекты. Председатель секции Уваров Александр Фавстович, проректор по инновационному развитию и международной деятельности ТУСУРа, к.э.н.; зам. председателя Чекчеева Наталья Валерьевна, зам. директора Института инноватики, к.э.н.
- Секция 25. Автоматизация управления в технике и образовании. Председатель секции Дмитриев Вячеслав Михайлович, зав. каф. ТОЭ, д.т.н., проф.; зам. председателя Ганджа Тарас Викторович, доцент ВКИЭМ, к.т.н.
- Секция 26. Современные информационные технологии. Открытия. Творчество. Проекты. Председатель секции – Смолонская Марина Александровна, ведущий специалист НОУ «Открытый молодежный университет»; зам. председателя –

Бесклубов Станислав Владимирович, ведущий специалист НОУ «Открытый молодежный университет».

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

> 1-й том – 1–7-я секции; 2-й том – 8–14-я секции; 3-й том – 15, 17, 18-я секции; 4-й том – 16, 19, 20-я секции;

5-й том – 21–26-я секции.

СЕКШИЯ 8

ОПТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАНОФОТОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

Председатель — **Шарангович С.Н.**, профессор, зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н., зам. председателя — **Буримов Н.И.**, зав. УНЛ каф. ЭП НИЧ, к.т.н.

УСТРОЙСТВО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИМПУЛЬСНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ В ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ

И.К. Астапенко, А.Н. Дубровин, М.М. Токарева, И.В. Дё Научный руководитель А.Е. Мандель, проф. каф. СВЧиКР г. Томск, ТУСУР, can stap@t-sk.ru

Спонтанно возникшая доменная структура в сегнетоэлектриках или магнетиках, как правило, является равновесной и соответствует минимуму энергии кристалла. Во внешнем поле происходит изменение доменной структуры за счет роста доменов, ориентированных вдоль поля. При некотором критическом значении поля тело переходит в монодоменное состояние. Полевая эволюция доменной структуры лежит в основе большинства методов формирования доменов и доменных структур заданных параметров. Известно, что образование 180°-ных доменов в оксидных сегнетоэлектриках связано с нецентросимметричным расположением ионов металлов относительно подрешетки анионов кислорода, причем направление смещения катионов определяет направление вектора поляризации в домене. Таким образом, переполяризация возникает при смещении ионов из одного нецентросимметричного положения вдоль оси спонтанной поляризации в другое нецентросимметричное расположение [1].

Методика формирования ПДС состоит в нанесении на поверхность тонких образцов (толщина d < 1 мм), перпендикулярных оси поляризации C периодически расположенных металлических электродов. При приложении к электродам электрического поля, обратного по знаку полю поляризации и превышающего его по величине, возникает структура инвертированных доменов, глубина которых пропорциональна времени воздействия и напряженности приложенного поля.

Границы доменов параллельны оси C. Подобным образом ПДС получают в кристаллах ниобата и танталата лития, титаната бария.

Для создания периодической доменной структуры в кристаллах нами разработано устройство высоковольтного импульсного напряжения, состоящее из нескольких блоков: высоковольтного источника питания, двух блоков питания и электронного ключа.

Для выполнения переполяризации доменов кристалла необходимо формировать высоковольтные импульсы амплитудой до 3 кВ и длительностью от 0.1 мс до 1 с.

Функциональная схема высоковольтного источника питания представлена на рис. 1.

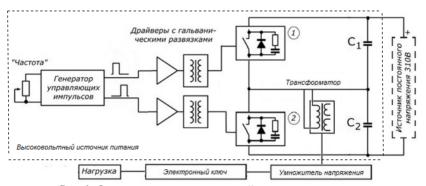


Рис. 1. Функциональная схема устройства высоковольтного импульсного напряжения

Генератор управляющих импульсов высоковольтного источника питания формирует две последовательности сигналов с заданной скважностью импульсов и частотой. Блок драйверов предназначен для усиления управляющих сигналов и их гальванической развязки от напряжения питания цепей генератора. На выходе блока драйверов — два сигнала, которые непосредственно управляют работой ключей — полумоста. В качестве источника питания использован неуправляемый источник постоянного напряжения на 310 В.

Входная обмотка импульсного трансформатора подключена к силовым ключам. На выходе формируются импульсы для питания умножителя типа Кокрофта—Уолтона [2]. На выходе умножителя напряжения формируется высокое напряжение постоянного тока.

Электронный ключ предназначен для регулирования длительности выходных высоковольтных импульсов от 0,1 мс до 1 с и состоит из последовательно включенных полевых транзисторов со схемой управления.

Проект ГПО1105 – «Исследование кристаллов КТР и разработка электрооптических модулятров на их основе».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Калимуллин Р.И. Индуцированные домены и периодические доменные структуры в электро- и магнитоупорядоченных веществах // Успехи физических наук. 2000. Т. 170, №7. С. 697—712.
 - 2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М.: Мир, 1998.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАССИВНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СЕТИ

А.С. Черданцев, студент 5-го курса

Научный руководитель В.И. Ефанов, проф. г. Томск, ТУСУР, РТФ, каф. СВЧиКР, forustomsk@gmail.com

Волоконно-оптические системы передачи (ВОСП) благодаря уникальным возможностям по пропускной способности и малому затуханию, а также успехам в технологии изготовления пассивных и активных элементов ВОСП являются наиболее перспективными телекоммуникационными системами. Технология PON (Passive Optical Network пассивная оптическая сеть) — новое направление развития сетей доступа, которое стало возможным с появлением оптического волокна (ОВ) с пониженной чувствительностью к изгибам (рекомендация ITU-T G.657). Данное волокно позволяет прокладывать оптический кабель (ОК) с множеством изгибов малого радиуса без существенного увеличения оптических потерь.

Архитектура сети PON использует решения на основе топологии «точка-многоточка», в которых к одному порту центрального узла подключается целый сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки абонентов. В промежуточных узлах устанавливаются пассивные оптические разветвители. В соответствии с рекомендацией G.984.6 возможен доступ по одному волокну до 128 абонентов. Таким образом, существует большая экономия ОВ и оптических приемопередатчиков в центральном узле. Большим плюсом архитектуры PON является удобство ее обслуживания: подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов не сказывается на работе остальных [1].

Основное выражение, позволяющее оценить оптические потери в сети PON, имеет вид

$$P_{\text{пер}} - P_{\text{пр}} - P_{\text{III}} - \Im \ge \alpha_{\text{B}} L_i + IL_i + \alpha_{\text{pa3}} N_{\text{pa3}} + \alpha_{\text{Hpa3}} N_{\text{Hpa3}}$$
,

где $P_{\text{пер}}$ — мощность передатчика; $P_{\text{пр}}$ — чувствительность приемника; $P_{\text{ш}}$ — величина, учитывающая ухудшение приема сигнала из-за деградации волокна/компонентов, от влияния внешних условий. Рекомендуемая величина 1 дБ. \mathcal{G} — запас мощности на развитие канала, например увеличение числа абонентов; $\alpha_{\text{в}}$ — удельное затухание ОВ на выбранной длине волны; IL_i — потери, вносимые всеми разветвителями; $\alpha_{\text{раз}}$, $\alpha_{\text{нраз}}$ — потери на разъемном и неразъемном соединениях; $N_{\text{раз}}$, $N_{\text{нраз}}$ — количество разъемных и неразъемных соединений [2].

Оптическая сеть PON сбалансирована, когда принимаемая мощность на абонентских узлах равна. Такая сеть обладает максимальной способностью к расширению.

Ввиду повышенного интереса к технологии PON в России, в том числе в Томске, нами была разработана система автоматизированного проектирования сбалансированных пассивных оптических сетей. С помощью этой программы становится возможным расчет затухания выбранного сектора сети в зависимости от параметров его компонентов, а также расчет коэффициентов деления разветвителей в сбалансированной сети.

Мы для создания программы (рис. 1) используем передовые технологии, которые предоставляет компания Microsoft. Интерфейс программы выполнен на базе системы WPF (Windows Presentation Foundation) [4] на языке С#. Особенности программы: простой и понятный интерфейс, возможность задавать количество выходных портов делителей, а также другие их характеристики (собственные потери, распределение мощности между портами).

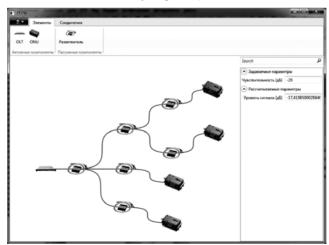


Рис. 1. Интерфейс программы

С помощью разработанной системы можно рассчитывать сети со сложным ветвлением, включающие несколько секторов из множества абонентов. Расчет происходит моментально при вводе параметров компонентов сети. Области возможного применения программы: в организациях, занимающихся проектированием пассивных оптических сетей; разработка и постановка лабораторных работ для студентов для наглядного знакомства с архитектурой и компонентами PON.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Дмитриев С.А., Слепов Н.Н. Волоконно-оптическая техника. Современное состояние и новые перспективы // Техносфера. 2010. С. 541–542.
- 2. Ефанов В.И. Направляющие системы электросвязи. Ч. 2. Волоконно-оптические линии связи: учеб. пособие. Томск, 2007. 163 с.
- 3. Программа PONProject для проектирования пассивных оптических сетей. // LightWave Russian Edition. URL: http://lightwave-russia.com/
- 4. Windows Presentation Foundation // Библиотека MSDN [Электронный ресурс]. URL: http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms754130.aspx (дата обращения: 12.03.2012).

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГРАММНОГО АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА ВНУТРИ ШАРОВИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

Н.А. Дашин, студент; Д.А. Конкин, аспирант каф. РЗИ Научный руководитель Д.А. Конкин, аспирант каф. РЗИ г. Томск, ТУСУР, РТФ, nik dash@mail.ru

В настоящее время, в связи с наличием возможности получения наночастиц различных материалов, имеется определённый интерес их использования в области оптических применений. Для этого требуется знать их оптические свойства при взаимодействии наночастиц со световым полем в разных внешних средах.

Целью данной работы является расчёт электрического поля и его интенсивности внутри шарообразных наночастиц, находящихся в жидкости. Предпосылкой для решения данной задачи имеется работа, опубликованная в 1908 г. Дж. Ми [1]. В ней рассматривается дифракция плоской линейно поляризованной монохроматической волны на сфере, находящийся в однородной изотропной среде. После приведения этих уравнений для наноразмерных частиц был разработан документ в системе MathCad. Для расчётов были взяты несколько веществ наночастиц с различными параметрами, такие как магнетит, золото и полистирол, находящиеся в воде (таблица). Алгоритм документа по-

зволяет проводить расчёты в том числе и для других веществ, из которых состоят шарообразные наночастицы, присутствующие в различных внешних диэлектрических средах.

Параметры материалов

Материал	Проводимость	Диэлектрическая	дополнительные
	σ, См/м	проницаемость, є	<i>r</i> параметры
Золото	45,5.106	_	$\lambda_0 = 532 \text{ HM}, \ \epsilon(I) = 1,77$
Магнетит	0,895·104	5,86	$\lambda_0 = 532 \text{ HM}, \ \epsilon(I) = 1,77$
Полистирол	10–14	2,55	$\lambda_0 = 532 \text{ HM}, \ \epsilon(I) = 1,77$

Графические результаты расчётов представлены на рис. 1–5 расчётными осевыми сечениями интенсивности поля внутри частиц (снаружи частиц расчёт не производился). Здесь a — радиус частицы, ось z — совпадает с направлением распространения поля, x — с направлением её электрического вектора.

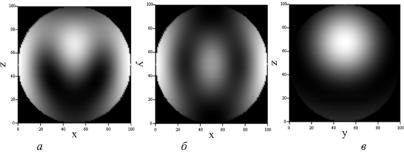


Рис. 1. Распределение интенсивности света внутри магнетита, при a=100 нм, в плоскости XOZ (a) (ось OZ – вверх, OX – вправо); в плоскости XOY (δ) (ось OY – вверх, OX – вправо); в плоскости YOZ (g) (ось OZ – вверх, OX – вправо)

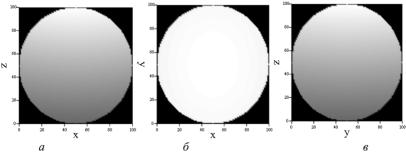


Рис. 2. Распределение интенсивности света внутри магнетита, при a=10 нм, в плоскости XOZ(a); в плоскости $XOY(\delta)$; в плоскости $YOZ(\delta)$

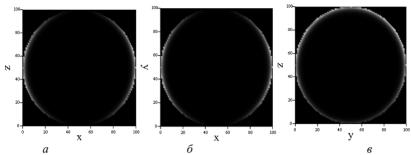


Рис. 3. Распределение интенсивности света внутри золота, при a = 50 нм, в плоскости XOZ(a); в плоскости $XOY(\delta)$; в плоскости YOZ(s)

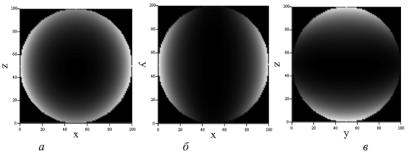


Рис. 4. Распределение интенсивности света внутри золота, при a=10 нм, в плоскости $XOZ\left(a\right)$; в плоскости $XOY\left(\delta\right)$; в плоскости $YOZ\left(s\right)$

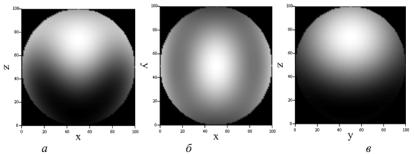


Рис. 5. Распределение интенсивности света внутри полистирола, при a = 100 нм, в плоскости XOZ(a); в плоскости $XOY(\delta)$; в плоскости $YOZ(\epsilon)$

По представленным результатам расчёта хорошо видно, что в зависимости от размера частиц распределение интенсивности света существенно меняется и эти изменения не являются равномерными. Степень проникновения светового поля в шарообразную частицу сильно зависит от материала этой частицы. Такая оценка распределения све-

тового поля внутри наночастиц, возможно, может объяснить выявленные оптические эффекты, связанные с распространением когерентного излучения в золе магнетита и диоксида [2].

Проект ГПО РЗИ-1101 — «Нелинейно-оптические эффекты в системах передачи и обработки информации».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1973. 720 с.
- 2. Анизотропия динамического светорассеяния в пространственных спектрах конгломератов наноколлоидных растворов диоксида кремния и магнетита железа / И.С. Ибрагимов, Л.В. Загребин, Р.В. Литвинов и др. // Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2009». Томск, 12–15 мая 2009 г. Томск, 2009. Ч. 1. С. 258–261.

СПЕКТРАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ФОТОИНДУЦИРОВАННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В КРИСТАЛЛЕ $Bi_{12}TiO_{20}$: AI, НАВЕДЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЕМ ИК-ДИАПАЗОНА

В.В. Попугаева, О.А. Русякина, В.Г. Дю, студентки;

А.С. Акрестина, ассистент

г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, каф. ЭП, aka 83@mail.ru

В работе [1] из исследований спектров оптического поглощения в легированном алюминием кристалле титаната висмута ($\mathrm{Bi}_{12}\mathrm{TiO}_{20}$:Al) получено, что засветка лазерным излучением с длиной волны λ =660 нм приводит к уменьшению поглощения в области 480–880 нм. При последующей засветке излучением импульсного лазера (λ = 532 нм) коэффициент поглощения кристалла возвращается к исходному состоянию.

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования и численной аппроксимации спектральных зависимостей оптического поглощения кристалла $Bi_{12}TiO_{20}$:Al, подвергнутого облучению непрерывным лазерным излучением с длиной волны $\lambda=1064$ нм и интенсивностью 52 мВт/см². Спектры пропускания кристалла, имеющего толщину 6,6 мм, регистрировались на спектрофотометре СФ-56 в диапазоне 500–850 нм с шагом 1 нм как до и после облучения кристалла, так и в процессе темновой релаксации.

На рис. 1 представлены экспериментальные спектральные зависимости коэффициента поглощения $k(\lambda)$ кристалла $B_{12}TiO_{20}$: Al до облучения (I) и сразу после облучения в течение 10 мин (2).

Как видно, облучение светом с $\lambda = 1064$ нм приводит к уменьшению коэффициента поглощения в кристалле $Bi_{12}TiO_{20}$: Al в диапазоне 500–850 нм. Анализ спектральной зависимости изменений в поглощении, проведенный для разности коэффициентов поглощения кристалла

в исходном состоянии и после облучения (рис. 2), показывает, что зависимость имеет выраженный резонансный характер с максимумами при 560, 700, 755 и 830 нм. Максимальное изменение коэффициента поглощения наблюдалось на длине волны 560 нм и имело значение $\sim 0.084~{\rm cm}^{-1}$ при величине коэффициента поглощения для исходного состояния $\sim 0.83~{\rm cm}^{-1}$.

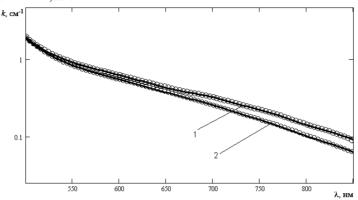


Рис. 1. Экспериментальные и расчетные спектральные зависимости коэффициента поглощения в кристалле $\mathrm{Bi}_{12}\mathrm{TiO}_{20}$:Al до (1) и после (2) засветки непрерывным лазерным излучением с $\lambda=1064$ нм в течение 10 мин

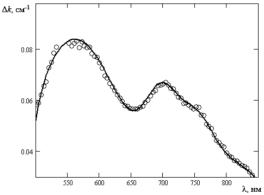


Рис. 2. Экспериментальные и расчетные спектральные зависимости изменений коэффициента поглощения в кристалле $\mathrm{Bi}_{12}\mathrm{TiO}_{20}$: Al, наведенных засветкой непрерывным лазерным излучением с $\lambda=1064$ нм в течение 10 мин

Для аппроксимации спектров поглощения исследованного кристалла $Bi_{12}TiO_{20}$:А1 в расчетах использовались предложенные в [2, 3] модели примесного поглощения, в рамках которых учитывались три

перехода с донорных центров со средними энергиями ионизации 1,39; 1,9 и 2,67 эВ, а также пять внутрицентровых переходов со спектральными характеристиками в виде функций Гаусса:

$$\Delta k(h \nu) = \sum_{m=1}^{5} \Delta k_m \exp\left(\frac{-(E_m - h \nu)^2}{\Delta E_m^2}\right)$$

с максимумами при энергиях кванта, равных 1,5; 1,63; 1,76; 2,13 и 2,44 эВ. Рассчитанные в результате подгонки под экспериментальные данные спектральные зависимости $k(\lambda)$ и $\Delta k(\lambda)$ для изученного кристалла $\mathrm{Bi}_{12}\mathrm{TiO}_{20}$:АІ представлены сплошными кривыми на рис. 1 и 2 соответственно.

В результате численной аппроксимации было получено, что облучение кристалла непрерывным лазерным излучением с $\lambda=1064$ нм приводит к уменьшению вклада внутрицентровых переходов, соответствующих поглощению квантов света с энергией 1,5; 1,634; 1,763; 2,13 эВ. Заполнение электронами для глубоких донорных центров с энергиями ионизации $E1 \sim 1,39$; $E2 \sim 1,9$ эВ уменьшается, а для центра с $E3 \sim 2,67$ эВ увеличивается после облучения.

Таким образом, облучение непрерывным лазерным излучением приводит к уменьшению оптического поглощения в диапазоне 500 – 850 нм. В результате проведенной аппроксимации получено, что рассчитанные зависимости хорошо описывают экспериментально наблюдаемые спектры поглощения и их фотоиндуцированные изменения.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2012 год (проект 7.2647.2011) и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (Госконтракт № 02.740.11.0553). Авторы благодарят С.М. Шандарова и М.Г. Кистеневу за постановку задачи и полезные консультации.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Попугаева В.В., Акрестина А.С. Спектральные зависимости фотоиндуцированного поглощения света, наведенного в кристалле $\mathrm{Bi}_{12}\mathrm{TiO}_{20}$:А1 излучением с длиной волны 660 и 532 нм // Научная сессия ТУСУР–2010: матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск: В-Спектр, 2010. Ч. 1. С. 329–331.
- 2. Толстик А.Л., Матусевич А.Ю., Кистенева М.Г. и др. Спектральная зависимость фотоиндуцированного поглощения, наведенного в кристалле $\mathrm{Bi}_{12}\mathrm{TiO}_{20}$ импульсным излучением с длиной волны 532 нм // Квантовая электроника. 2007. Т. 37, №11. С. 1027-1032.
- 3. Kisteneva M.G., Akrestina A.S., Shandarov S.M. et al. Photo- and thermoinduced changes of the optical absorption in $\mathrm{Bi}_{12}\mathrm{SiO}_{20}$ crystals // Journal of Holography and Speckle. 2009. Vol. 5, No 3. P. 280–285.

ВЛИЯНИЕ ИК-ОБЛУЧЕНИЯ НА ОПТИЧЕСКОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ КРИСТАЛЛОВ СИЛЛЕНИТОВ, ПОДВЕРГНУТЫХ ОТЖИГУ

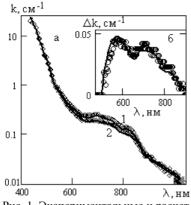
О.В. Головашко, В.В. Кошелева, студенты 3-го курса; г. Томск. ТУСУР. каф. ЭП. valli17@mail.ru

Кристаллы класса силленитов — силикат $Bi_{12}SiO_{20}$ (BSO), германат $Bi_{12}GeO_{20}$ (BGO) и титанат висмута $Bi_{12}TiO_{20}$ (BTO) обладают фоторефрактивными свойствами и находят применение в качестве функциональной среды в устройствах когерентной оптики и динамической голографии [1]. При облучении этих кристаллов светом из видимой области и ближнего инфракрасного диапазона наблюдается изменение их оптического поглощения [2–4]. В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований и численной аппроксимации изменений в спектре оптического поглощения нелегированных кристаллов BSO и BGO, подвергнутых ИК-облучению.

В экспериментах использовались образцы нелегированных кристаллов силиката и германата висмута среза (100), имеющие толщину 3 и 1,8 мм соответственно. Ранее эти образцы были подвергнуты отжигу в вакууме при TVA= 650 °C в течение 60 мин и последующему отжигу на воздухе в несколько этапов продолжительностью 30 мин каждый. Температура отжига на воздухе TAA увеличивалась последовательно от 240 до 480 °C для силиката висмута и от 315 до 590 °C для германата висмута. На каждом этапе, после естественного охлаждения образцы облучались в течение 15 мин импульсным лазерным излучением с длиной волны 1064 нм и интенсивностью 260 мВт/см². Эксперименты по влиянию ИК-облучения показали, что в образцах, подвергнутых отжигу в вакууме и последующему отжигу на воздухе, не наблюдается изменений оптического поглощения после засветки импульсным лазерным излучением с длиной волны $\lambda = 1064$ нм, обнаруженных в [4] для обычных образцов ВSO.

После этого кристаллы были выдержаны в темноте при комнатной температуре в течение 5 месяцев и подвергнуты облучению импульсным лазерным излучением с длиной волны 1064 нм и средней интенсивностью 235 мВт/см 2 с продолжительностью засветки от 20 до 60 мин. Спектры оптического пропускания в диапазонах 450–1100 нм для кристалла BSO и 400–1100 нм для BGO регистрировались на спектрофотометре Genesys 2 для исходного состояния кристалла и после ИК-облучения.

На рис. 1, a представлены спектральные зависимости коэффициента поглощения $k(\lambda)$ в кристалле BSO, измеренные для исходного состояния кристалла (кривая l) и после облучения импульсным ла-



400 600 800 λ, нм Puc. 1. Экспериментальные и расчетные спектральные зависимости коэффициента поглощения (a) и наведенных изменений в поглощении (б) в кристалле Bi₁₂SiO₂₀: I – до облучения; 2 – после облучения лазерными импульсами (λ = 1064 нм). Кружки – экспериментальные данные, сплошные линии – расчетные зависимости

зерным излучением ($\lambda = 1064$ нм) в течение 20 минут (кривая 2). Из рис. 1, а видно, что после ИКоблучения кристалла BSO наблюдается уменьшение коэффициента поглощения в диапазоне длин волн 430-1100 нм. Спектральные зависимости наведенных изменений в поглощении Δk , полученные вычитанием из коэффициента поглошения в исходном состоянии коэффициента поглощения после облучения, представлены на рис. 1, б. В разностном спектре проявляются две широкие полосы с максимумами на длинах волн $\lambda_{m1} = 570$ нм и $\lambda_{m2} = 700$ нм. Изменение оптического поглощения на длине волны $\lambda_{m1} = 570$ нм составило ~ 0.048 см $^{-1}$ при его исходном значении 0.44 cm^{-1} ; для $\lambda_{m2} = 700$ нм изменение достигало

 \sim 0,043 см $^{-1}$ при исходном значении коэффициента поглощения 0,23 см $^{-1}$.

Мы не зарегистрировали изменений в спектре оптического поглощения в выдержанном в темноте в течение 5 месяцев кристалле ВGO после его облучения лазерными ИК-импульсами. При увеличении времени выдержки этого кристалла в темноте до 9 месяцев наблюдалось уменьшение его оптического поглощения после облучения импульсным лазерным излучением с длиной волны $\lambda = 1064$ нм в течение 20 мин (рис. 2, a). В разностном спектре (рис. 2, a) проявляется одна широкая полоса с максимумом на длине волн λ m1 = 570 нм и значением $\Delta k \sim 0.42$ см $^{-1}$.

Аппроксимация спектральных зависимостей $k(\lambda)$ и $\Delta k(\lambda)$ (см. рис. 2) была проведена с помощью модели, учитывающей вклад в примесное поглощение как процессов фотовозбуждения электронов в зону проводимости с глубоких донорных центров с нормальным законом распределения концентраций по энергии ионизации [3], так и внутрицентровых переходов [4].

Таким образом, в кристаллах BSO и BGO, подвергнутых отжигу в вакууме и последующему отжигу на воздухе, не наблюдается изменений оптического поглощения после засветки импульсным лазерным излучением с длиной волны $\lambda = 1064$ нм.

После выдержки в темноте при комнатной температуре в течение времени от 5 до 9 месяцев кристаллы становятся чувствительными к засветке ИК-излучением и в них наблюдается эффект фотоиндуцированного просветления под его воздействием. Спектральные зависимости наведенных изменений в оптическом поглощении демонстрируют резонансный характер.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (госконтракт № 02.740.11.0553) и Госзадания Минобрнауки РФ на 2012 г. (проект № 7.2647.2011). Авторы благодарят М.Г. Кистеневу за постановку задачи и полезные консультации.

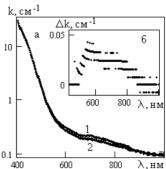


Рис. 2. Экспериментальные спектральные зависимости коэффициента поглощения (а) и наведенных изменений в поглощении (б) в кристалле Bi₁₂GeO₂₀:

1 – до облучения; 2 – после облучения лазерными импуль-

сами ($\lambda = 1064 \text{ нм}$)

Проект ГПО ЭП-1103 — «Исследование фотоиндуцированных свойств кристаллов класса силленитов».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. СПб.: Наука, 1992. 318 с.
- 2. Малиновский В.К., Гудаев О.А., Гусев В.А., Деменко С.И. Фотоиндуцированные явления в силленитах. Новосибирск: Наука, 1990. 160 с.
- 3. Толстик А.Л., Матусевич А.Ю., Кистенева М.Г. и др. // Квантовая электроника. 2007. Т. 37, № 11. С. 1027–1032.
- 4. Kisteneva M.G., Akrestina A.S., Shandarov S.M. et al. // J. Holography and Speckle. 2009. Vol. 5, №3. P. 280–285.

ДВУХКАНАЛЬНЫЕ ФОТОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ АДАПТИВНОГО ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА

Е.В. Гордеев, С.А. Садовников, О.Т. Важинский, К.С. Тарасенко, О.С. Сюваева, студенты; С.С. Шмаков, аспирант Научный руководитель С.М. Шандаров, проф., д.ф.-м.н. г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, каф. ЭП, sergafan.86@mail.ru

В адаптивном голографическом интерферометре, основанном на взаимодействии световых волн в фоторефрактивных кристаллах, пред-

назначенном для анализа спектра колебаний отражающих объектов с амплитудами менее 5 пм [1, 2], амплитуды минимально возможных для детектирования механических колебаний объектов ограничиваются шумами фотоприемного устройства. К ним относятся, в частности, собственные шумы используемого фотоэлектронного прибора и шумы электронных трактов приемного устройства. Кроме того, существуют избыточный шум лазера и флуктуации интенсивности при прохождении излучения от источника к приемнику. Под избыточными шумами лазера понимаются любые неконтролируемые вариации интенсивности излучения самого лазера, вызванные как нестабильностью питания, так и возмущениями оптических характеристик резонатора, связанными с вибрациями и флуктуациями температуры [3].

Сигнальный пучок на выходе адаптивного голографического интерферометра в [1, 2] фиксировался при помощи фотодиода, смещенного в обратном направлении и нагруженного на сопротивление (рис. 1, *a*). Шумы в этом случае определялись из известных соотношений для фотодиодного режима [4], а влияние шумов источника излучения на предельную чувствительность измерений не учитывалось.

В настоящей работе проведен анализ снижения влияния шумов лазера на чувствительность адаптивного голографического интерферометра с использованием двухлучевой схемы. Предполагается, что деление сигнального и опорного пучков и использование двухканального фотодиодного приемника позволит компенсировать шумы, связанные с источником излучения.

Одним из элементов такого двухканального фотоприемника может являться логарифмический делитель, представленный на рис. 1 и состоящий из двух фотодиодов (см. схему включения на рис. 1, a) для сигнального и опорного пучков, а вторым — логарифмический преобразователь (рис. 1, δ), выполняющий логарифмическое вычитание.

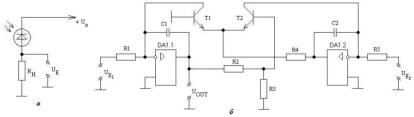


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема фотодиодного приемника (a) и логарифмического делителя (δ)

Сигналы с фотоприемников (см. рис. 1, a) подаются на входы логарифмического преобразователя (см. рис. $1, \delta$), где они усиливаются и

вычитаются друг из друга. Результирующий сигнал на выходе делителя может быть найден в следующем виде [5]

$$U_{OUT} = -U_T \left[\frac{R2 + R3}{R3} \right] \ln \left(\frac{R5U_{E1}}{R1U_{E2}} \right),$$

где U_T – термический потенциал, зависящий от транзисторов T1 и T2.

Подбором транзисторов и сопротивления R3 можно добиться, чтобы выполнялось условие $U_T[(R2+R3)/R3] = 1$, тогда результирующее напряжение при R5 = R1 будет определяться выражением

$$U_{OUT} = -\ln\left(\frac{U_{E1}}{U_{E2}}\right).$$

Другим возможным решением является двухканальный фотоприемник, реализованный при помощи схемы логарифмического преобразователя на основе измерительного моста (рис. 2). В качестве логарифмирующих элементов преобразователя здесь использовано по 6 германиевых диодов в каждом из плеч измерительного моста.

Сигналы с выходов измерительного моста логарифмического преобразователя усиливаются операционным усилителем, а затем вычитаются друг из друга. Результат может быть измерен при помощи селективного вольтметра.

Разность напряжений между диагоналями моста в таком логарифмическом преобразователе можно описать выражением

$$U_{OUT} = M \ln \frac{I_{sig}}{I_{ref}} ,$$

где M = NkT/e — коэффициент усиления, зависящий от числа p—n-переходов в каждом из плеч измерительного моста N.

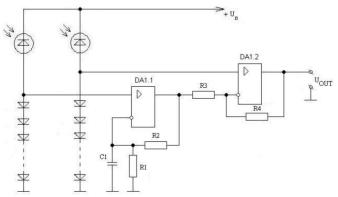


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема логарифмического преобразователя с измерительными мостами

Таким образом, применение двухканальных фотоприемников в адаптивном голографическом интерферометре позволит снизить шумы выходного сигнала, связанные с шумами используемого лазера. В этом случае чувствительность интерферометра к измеряемым колебаниям может быть существенно увеличена, в том числе и в низкочастотном диапазоне, включающем промышленные частоты.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2012 год (проект 7.2647.2011) и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (Госконтракт № 02.740.11.0553).

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Колегов А.А. Амплитудная характеристика адаптивного голографического интерферометра / А.А. Колегов, С.М. Шандаров, Ю.Ф. Каргин // Доклады ТУСУРа. 2010. № 2 (22), ч. 2. С. 66–69.
- 2. Шмаков С.С. Исследование амплитудных характеристик голографического интерферометра / С.С. Шмаков, А.С. Котин, С.М. Шандаров, Н.И. Буримов // Измерение, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях. 2011. №1. С. 198–200.
- 3. Лигер В.В. Измерение поглощения с помощью диодного лазера с порогом обнаружения, определяемым дробовыми шумами излучения / В.В. Лигер, Ю.А. Курицын, В.М. Кривцун и др. // Квантовая электроника. 1997. №4(24). С. 371–376.
 - 4. Росс М. Лазерные приемники. М.: Мир, 1985. 520 с.
- 5. Прянишников В.А. Электроника: курс лекций. СПб.: КОРОНА-принт, 1998, 395 с.

МИНИМИЗАЦИЯ ШУМОВ ФОТОРЕЗИСТОРОВ ИЗ СЕЛЕНИДА КАДМИЯ ФОНОВОЙ ЗАСВЕТКОЙ

А.С. Гребенников, И.А. Егорова, студенты Научный руководитель В.Н. Давыдов, проф., д.ф.-м.н. г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, priem@main.tusur.ru

В предыдущих работах было установлено, что засветка полупроводникового фоторезистора из n-CdSe видимым излучением определенной мощности позволяет в несколько раз снизить уровень шумового напряжения $U_{\mathrm{uff}}(V)$ резистора в области малых напряжений смещения V [1, 2]. При этом напряжение фотопроводимости $U_{\phi\Pi}(V)$ снижается на значительно меньшую величину, так что отношение «сигнал/шум» фоторезистора повышается в несколько раз. Этот эффект может быть использован при создании высокочувствительных приемников оптического излучения для повышения их обнаружительной способности. Однако физические причины, приводящие к обсуж-

даемому эффекту, не установлены. Их выяснение позволит не только целенаправленным образом создавать фотоэлементы с контролируемым эффектом подавления шума, но и расширить представления об электронных и ионных процессах, происходящих в твердых телах при допороговых воздействиях.

Цель работы. Целью данной работы является вычисление дисперсий числа электронов и дырок в зонах разрешенных значений энергии при наличии в полупроводниковом CdSe уровней прилипания обоих носителей заряда и генерационно-рекомбинационных (ГР) уровней, направленное на определение первопричины снижения шума, а также построение рабочей гипотезы о возможном механизме снижения шума при фоновой засветке полупроводника из полосы собственного поглощения.

Исходные положения. В работах [1, 2] показано, что различие в выражениях, описывающих напряжение $U_{\Phi\Pi}(V)$ и спектральную плотность шумового напряжения $U_{\Phi\Pi}(V)$ на частоте измерения f, заключается только в наличии дисперсий полного числа электронов $\overline{\delta N^2(V,P_\Phi)}$ и дырок $\overline{\delta P^2(V,P_\Phi)}$, которые зависят от напряжения на полупроводнике и от мощности фоновой засветки P_Φ .

Расчет дисперсий. Для отыскания дисперсии полного числа электронов воспользуемся нормальным законом распределения этих частиц относительно среднего значения N_0 , а также выражением для дисперсии через скорость их генерации $g(N_0)$ – попадание в свою зону разрешенных значений энергий и скорость рекомбинации r(N) – ухода из своей зоны энергий [3]:

$$\overline{\delta N(V, P_{\phi})^2} = \overline{(N - N_0)^2} = \frac{g(N_0)}{\left(\frac{\partial r(N)}{\partial N}\right)_{N_0} - \left(\frac{\partial g(N)}{\partial N}\right)_{N_0}}.$$

Скорости генерации и рекомбинации электронов и дырок за счет их взаимодействия с уровнями прилипания записываются известным способом [4]. Так, для уровня прилипания электронов имеем:

$$g_n(N) = e_n \cdot N_n \cdot f_n(E)$$
, $r_n(N) = c_n N \cdot N_n (1 - f_n(E))$,

где e_n , c_n — коэффициент эмиссии и сечение захвата электрона уровнем с энергией E; N_n — концентрация уровней прилипания электронов; f_n — функция Ферми–Дирака для рассматриваемого уровня прилипания. Фоновая засветка введена в данные выражения через замену

уровня Ферми квазиуровнем для электронов, в случае уровня прилипания дырок – квазиуровнем для дырок.

При составлении выражений для скоростей генерации $g_{\rm rp}$ и рекомбинации носителей заряда через ГР-уровни $r_{\rm rp}$ использовано представление этих процессов как проводимость двух последовательных процессов:

$$g_{\text{rp}} = \frac{g_n(N) \cdot g_p(P)}{g_n(N) + g_p(P)}, r_{\text{rp}} = \frac{r_n(N) \cdot r_p(P)}{r_n(N) + r_p(P)}.$$

При этом скорости генерации и рекомбинации электронов и дырок в данных выражениях рассчитываются аналогично описанному выше. Получаемые при этом выражения для дисперсий электронов и дырок имеют следующий вид:

$$\overline{\delta N^2} = \frac{g_{\rm rp}}{r_N'} = \frac{\left(\frac{g_n g_p}{g_n + g_p}\right)}{\left(r_n + r_p\right)^2 \cdot \left(\frac{\partial r_n}{\partial N}\right)_{N_0}}, \ \overline{\delta P^2} = \frac{g_{\rm rp}}{r_P'} = \frac{\left(\frac{g_n g_p}{g_n + g_p}\right)}{\left(r_n + r_p\right)^2 \cdot \left(\frac{\partial r_p}{\partial P}\right)_{P_0}}.$$

Анализ полученных выражений для дисперсий электронов и дырок показывает, что экспериментально обнаруженный минимум шума на зависимости $U_{\mathrm{mf}}(V)$ возможен, если в определенной области значений напряжения смещения и мощности фоновой засветки концентрация уровней прилипания или Γ P-уровней имеет минимум с относительной глубиною до нескольких десятков.

По мнению авторов, физическим механизмом, реализующим указанную зависимость, может стать фотоструктурное преобразование центров прилипания и (или) ГР-центров, вызванное захватом соответствующим центром неосновных носителей заряда, сгенерированных фоновой засветкой. Поскольку перезарядка уровней происходит при пересечении энергетического уровня ловушки уровнем Ферми, то экстремальный характер зависимости шума от напряжения и мощности засветки возможен, если пересекаемый энергетический уровень существует в ограниченной части полупроводника. При объемной природе ловушки (уровня энергии) при любом напряжении смещения в объеме полупроводника обязательно найдется область, где уровень ловушки и уровень Ферми пересекаются, обеспечивая перезарядку ловушки. Эти обстоятельства могут быть интерпретированы как проявление особенностей строения, электрических свойств и фотоструктурных преобразований только в областях полупроводника у металлических электродов как наиболее деструктированных.

Выводы. Из анализа выражений для дисперсий числа электронов и дырок, вызванных их взаимодействием с различными типами структурных нарушений в полупроводнике, сделан вывод, что вероятной причиной появления минимума шума фоторезисторов из CdSe при действии электрического поля и фоновой засветки является изменение концентрации центров прилипания и ГР-центров в областях контакта полупроводника с металлом за счет фотоструктурных преобразований, вызванных захватом неравновесных дырок.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Давыдов В.Н. Влияние фоновой засветки на электрические свойства фоторезисторов из селенида кадмия / В.Н. Давыдов, И.М. Мусина, А.С. Гребенников // Доклады ТУСУРа. 2011. №2 (24), ч. 1. С. 166–170.
- 2. Давыдов В.Н. Анализ электрических свойств фоторезисторов на основе CdSe в условиях фоновой засветки / В.Н. Давыдов, А.С. Гребенников, И.М. Мусина // Доклады ТУСУРа. 2011. №2 (24), ч. 1. С. 171–178.
- 3. Ван дер Зил А. Шумы. Источники, описание, измерение / Пер. с англ.; под ред. А.К. Нарышкина. М.: Сов. радио, 1973. 225 с.
- 4. Милнс А. Примеси с глубокими уровнями в полупроводниках. М.: Мир, 1977. 562 с.

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ СВЕРХДЛИННОГО ЛАЗЕРА С «ГАММА»-СХЕМОЙ РЕЗОНАТОРА В.И. Денисов¹, А.В. Иваненко², С.М. Кобцев², Б.Н. Нюшков¹, В.С. Пивцов¹, С.К. Турицын³ ¹Институт лазерной физики СО РАН, г. Новосибирск, ² Новосибирский государственный университет, ³ Университет Астон, г. Бирмингем (Великобритания) ivanenko.aleksey@gmail.com

В последнее время интенсивно разрабатываются и исследуются «сверхдлинные» (длиной до нескольких километров) волоконные лазеры с пассивной синхронизацией мод, которые позволяют генерировать высокоэнергетические световые импульсы с низкой (килогерцовой) частотой повторения [1–3]. Наибольшие возможности для увеличения энергии импульсов за счет уменьшении частоты их следования при наращивании длины резонатора предоставляет режим диссипативных солитонов, который обычно реализуется в условиях нормальной внутрирезонаторной дисперсии [4]. Особенностью этого режима является гигантский чирп [3] и большая длительность импульсов, составляющая в сверхдлинных лазерах единицы и даже десятки наносе-

кунд. Другой отличительной чертой подобных лазеров и систем на их основе является высокий уровень усиленного спонтанного излучения (УСИ). Для практических применений требуются, как правило, источники высокоэнергетических лазерных импульсов с меньшей длительностью и низким уровнем УСИ.

В данной работе сообщается о разработке цельноволоконной лазерной системы, генерирующей вблизи 1,55 мкм субнаносекундные импульсы с энергией ~ 0.5 мкДж и частотой повторения ~ 82 к Γ ц. Система (рис. 1) состоит из сверхдлинного эрбиевого волоконного лазера с самосинхронизацией мод, волоконного компрессора импульсов и двухпроходного волоконного усилителя мошности. Лазер имеет оригинальную «гамма»-образную конфигурацию резонатора, которая предоставляет расширенные возможности для оптимизации динамики генерации в условиях нормальной внутрирезонаторной дисперсии, а также для подавления УСИ. Километровая длина резонатора обеспечивает низкую частоту повторения импульсов (~81 кГц). В лазере с «гамма»-резонатором применены такие новые конструктивные решения, как компенсация поляризационной нестабильности в сверхдлинном плече резонатора с помощью фарадеевского зеркала, и реализация поляризатора с помощью волоконной брэгговской решётки с наклонными штрихами. Оригинальная схема позволяет генерировать в условиях нормальной внутрирезонаторной дисперсии высокоэнергетические импульсы с рекордно малой для лазеров этого типа длительностью (около 1 нс).

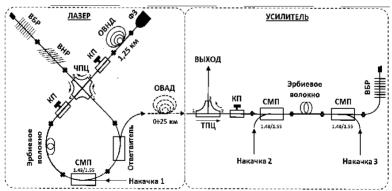


Рис. 1. Схема лазерной системы (ВБР – волоконная брэгговская решетка; ВНР – волоконная наклонная решетка; ЧПЦ – четырехпортовый циркулятор; КП – контроллер поляризации; ОВНД – одномодовое волокно с нормальной дисперсией; ФЗ – фарадеевское зеркало; СМП – спектральный мультиплексор; ОВАД – одномодовое волокно с аномальной дисперсией для компрессии импульсов; ТПЦ – трёхпортовый циркулятор)

Вместе с однокаскадным волоконным усилителем лазерная система позволяет получать импульсы с энергией около 0.5 мкДж и пиковой мощностью 0.5 кВт, длительностью ~ 0.9 нс с низкой долей УСИ в выходном излучении лазерной системы (менее 3%).

Экспериментально установлено, что импульсы могут быть сжаты в одномодовом волокне с аномальной дисперсией (ОВАД) до сотен пикосекунд. Осциллограммы на рис. 2 демонстрируют изменение длительности импульсов при распространении в телекомму-никацион-ном волокне стандарта G.652 (дисперсия: +18 пс/нм·км @ 1550 нм.

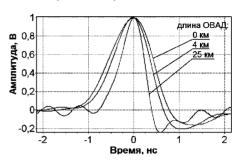


Рис. 2. Сжатие импульсов в ОВАД

Разработанная лазерная система обеспечивает достаточную для практических применений долговременную стабильность параметров излучения. Достигнутое сочетание высокой энергии импульсов и относительно высокой пиковой мощности позволяет использовать систему для генерации высокоэнергетических спектральных суперконтинуумов. Лазерная система может быть использована для решения задач нанофотоники, биомедицины и телекоммуникаций. Планируется реализация коммерческой модели лазера на основе созданного прототипа.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Kobtsev S. et al. Opt. Exp. 16, 21936-21941 (2008).
- 2. Nyushkov B.N. et al. Laser Phys. Lett. 7, 661–665 (2010).
- 3. Kelleher E. J.R. et al. Opt. Lett. 34, 3526-3528 (2009).
- 4. Wise F.W. et all. Laser Photon. Rev. 2, 58-73 (2008).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТА НА ГРАНИЦЕ ДВУХ ОДНОМЕРНЫХ ВОЛНОВОДНЫХ СТРУКТУР

А.В. Каниу¹, м.н.с. СВЧиКР; В.М. Шандаров¹, проф. СВЧиКР; К. Хаунхорст², н.с.; Д. Кип², проф.

¹г. Томск, ТУСУР, 151kav@ms.tusur.ru

²Германия, Университет Гельмута Шмита

Распространение света в периодических структурах имеет ряд специфических особенностей, которые невозможно наблюдать в не-

прерывных средах. Одним из таких примеров может быть распространение света в системе связанных канальных волноводов [1]. Дискретность накладывает ряд ограничений на распространение электромагнитных волн в такой структуре, что может быть использовано для контролируемого управления света [2, 3]. При состыковке двух волноводных структур с разными параметрами, на границе могут наблюдаться новые эффекты при распространении света [4], которые также могут быть использованы для контроля распространения света. Нами было экспериментально исследовано линейное и нелинейное распространение света на границе двух различных одномерных периодических волноводных структур в зависимости от расстояния между волноводными поверхностями.

Для исследования распространения света на границе двух волноводных структур, путём диффузии Ті на поверхности кристалла LiNbO₃, были изготовлены различные комбинации волноводных поверхностей. Структурная схема такой волноводной поверхности представлена на рис. 1. Нами были изготовлены структуры для расстояния d от 2 до 5 мкм с шагом 0,25 мкм, при этом обе волноводные поверхности имели одинаковую ширину канала a = 5 мкм, но разное расстояние между каналами $b_1 = 4$ мкм (волноводная поверхность W_1) и $b_2 = 3$ мкм (волноводная поверхность W_2).

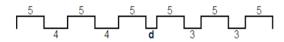


Рис. 1. Схематическое изображение двух состыкованных волноводных структур

В экспериментах по исследованию комбинированных волноводных структур мы использовали стандартный метод торцевого возбуждения волноводов. В качестве источника излучения использовался полупроводниковый лазер с $\lambda=532$ нм. На рис. 2 представлены примеры линейного распространения света для d=2,75 мкм, наблюдаемые на выходной поверхности образца, в зависимости от позиции возбуждаемого канала по отношению к границе. Стрелка на рис. 2 указывает на тот канал, где возбуждался свет на входной поверхности образца.

Из рис. 2 видно, что распределение интенсивности на выходе образца существенно зависит от позиции возбуждаемого канала. Так, в одном случае можно наблюдать почти полное отражение света от границы раздела двух волноводных поверхностей (картинка №2), в другом случае почти полную перекачку света в соседнюю волноводную поверхность (картинка №3). При этом для разных d распределение света может меняться существенным образом, что может быть использовано при управлении распространения света.

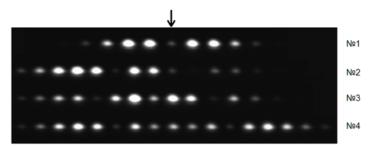


Рис. 2. Распределение интенсивности света на выходной поверхности образца в зависимости от возбуждаемого канала: №1 – возбуждение волноводной поверхности W_1 вдали от границы; №2 – возбуждение первого канала волноводной поверхности W_1 считая от границы; №3 – возбуждение первого канала волноводной поверхности W_2 считая от границы; №4 – возбуждение волноводной поверхности W_2 вдали от границы

Нами также было исследовано нелинейное распространение света на границе двух волноводных поверхностей (рис. 3). Мы исследовали зависимость мощности оптического излучения, необходимой для формирования солитона, от позиции возбуждаемого канала и расстояния d между волноводными поверхностями.

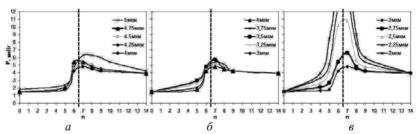


Рис. 3. Зависимость мощности, необходимой для формирования солитона, от номера возбуждаемого канала для d от 5 до 4 мкм (a); для d от 4 до 3 мкм (b); для d от 3 до 2 мкм (b)

Пунктирная линия на рис. 3 показывает место границы, а каналы n=6 и n=7 являются граничными каналами волноводных поверхностей W_1 и W_2 соответственно. Как видно из рис. 3, состыковка волноводных поверхностей приводит к увеличению мощности необходимой для формирования солитона вблизи границы для всех d. При этом чем меньше d, тем больше мощности необходимо для формирования солитона, а при d меньше d, мкм нелинейности нашего образца недостаточно, чтобы получить локализованного состояния. Такую зависи-

мость можно объяснить тем, что при уменьшение d связь между соседними каналами увеличивается, и для достижения локализованного состояния необходимо увеличить нелинейное изменение показателя преломления, что в свою очередь требует увеличения мощности.

Таким образом, нами исследованы зависимости линейного и нелинейного распространения света на границе двух волноводных поверхностей для разных расстояний между ними и экспериментально продемонстрирована возможность применения данных структур для контроля оптического излучения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Christodoulides D.N. and Joseph R.I. Discrete self-focusing in nonlinear arrays of coupled waveguides // Opt. Lett. 13, 794 (1988).
- 2. Eisenberg H.S., Silberberg Y., Morandotti R. and Aitchison J.S. Diffraction Management // Phys. Rev. Lett. 85, 1863 (2000).
- 3. Pertsch T., Zentgraf T., Peschel U., Brauer A. and Lederer F. Anomalous refraction and diffraction in discrete optical systems // Phys. Rev. Lett. 88 (2002) 093901–4
- 4. Suntsov S.,. Makris K.G., Christodoulides D.N. et al. Optical modes at the interface between two dissimilar discrete metamaterials // Opt. Express. 15, 4663-70 (2007).

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В КРИСТАЛЛЕ СИЛИКАТА ВИСМУТА, ПОЛВЕРГНУТОМ ОТЖИГУ В ВАКУУМЕ

Е.С. Худякова, студентка 5-го курса каф. КУДР; А.Н. Гребенчуков, студент 4-го курса каф. ЭП г. Томск, ТУСУР, lenoliya@rambler.ru

Фоторефрактивные и фотопроводящие кристаллы силленитов характеризуются наличием дефектных центров различной природы [1]. При отжиге в вакууме происходит увеличение концентрации вакансий кислорода и висмута в объеме кристалла, что приводит к увеличению темновой проводимости и фоточувствительности в видимой области спектра [1]. В работе [2] показано, что отжиг кристаллов ${\rm Bi}_{12}{\rm SiO}_{20}$ (BSO) в атмосфере воздуха, также как и воздействие излучением из ближнего ИК-диапазона при комнатных температурах, приводит к обратимому уменьшению оптического поглощения в четырех широких полосах с максимумами при 570, 700, 760 и 830 нм.

В настоящей статье представлены результаты экспериментальных исследований и численной аппроксимации спектральных зависимостей оптического поглощения в нелегированном кристалле BSO после отжига в вакууме при температурах T_{VV1} = 720 °C и T_{VV2} = 785 °C.

В эксперименте использовались образцы нелегированного монокристаллического силиката висмута среза (100) толщиной d=0,75 мм. В ходе эксперимента один образец нагревался в вакууме до температуры $T_{VV1}=720~^{\circ}\mathrm{C}$ со скоростью ~3 К/мин, второй — до температуры $T_{VV2}=785~^{\circ}\mathrm{C}$ со скоростью ~2,5 К/мин. По достижении заданной температуры образцы выдерживались в течение 30 мин и затем остывали в естественных условиях в течение более $10~\mathrm{u}$. После охлаждения каждый из образцов облучался в течение $15~\mathrm{mu}$ импульсным лазерным излучением с длиной волны $1064~\mathrm{hm}$ и интенсивностью $235~\mathrm{mBT/cm^2}$. Спектры оптического пропускания в диапазоне $400-1100~\mathrm{hm}$ регистрировались на спектрофотометре Genesys $2~\mathrm{дл}$ я исходного состояния кристалла, после отжига в вакууме и после ИК-облучения.

На рис. 1 представлены спектральные зависимости коэффициента поглощения $k(\lambda)$ в кристалле BSO в исходном состоянии и после отжига вакууме при температурах отжига $T_{VV1}=720$ °C (рис. 1, a) и $T_{VV2}=785$ °C (рис. 1, δ). Из рис. 1 видно, что отжиг в вакууме кристалла BSO приводит к увеличению оптического поглощения по всем исследованном диапазоне длин волн. Однако было замечено, что после отжига в вакууме при температуре $T_{VV2}=785$ °C на поверхности образца образуется пленка. Поэтому отожженный при температуре $T_{VV2}=785$ °C образец был подвергнут полировке, в результате чего его оптическое поглощение уменьшилось во всем исследованном спектральном диапазоне (рис. 1, δ , кривая δ).

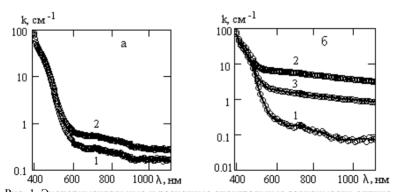


Рис. 1. Экспериментальные и расчетные спектральные зависимости оптического поглощения в кристалле $\mathrm{Bi}_{12}\mathrm{SiO}_{20}$: a – образец s1: I – до отжига, 2 – после отжига в вакууме при температуре T_{VV1} = 720 °C; δ – образец s2: I – до отжига, 2 – после отжига в вакууме при температуре T_{VV2} = 785 °C, 3 – после полировки отожженного образца. Кружки – экспериментальные данные, сплошные линии – расчетные зависимости

Спектральные зависимости наведенных изменений в поглощении Δk , полученные вычитанием из коэффициента поглощения после отжига коэффициента поглощения в исходном состоянии, представлены на рис. 2. Из рис. 2 видно, что увеличение температуры отжига приводит к увеличению наведенных изменений в спектре оптического поглощения в диапазоне 420–1100 нм. После отжига в вакууме при T_{VV2} = 785 °C в разностном спектре появляется широкая полоса с максимумом на длине волны λ_m = 450 нм. Изменение оптического поглощения в этой полосе на длине волны λ_m = 450 нм составило ~2 см⁻¹ при его исходном значении 16 см⁻¹.

Эксперименты по влиянию ИК-облучения показали отсутствие изменений оптического поглощения в отожженных в вакууме образцах после засветки импульсным лазерным излучением с длиной волны $\lambda = 1064$ нм, обнаруженных в [2] для обычных образцов BSO.

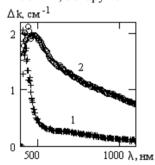


Рис. 2. Экспериментальные и расчетные спектральные зависимости изменения в оптическом поглощении в кристалле $Bi_{12}SiO_{20}$ после отжига в вакууме: I – при температуре отжига T_{VV1} = 720 °C; 2 – при T_{VV2} = 785 °C после полировки отожженного образца. Кружки и крестики – экспериментальные данные, сплошные линии – расчетные зависимости

Для аппроксимации экспериментальных зависимостей $k(\lambda)$ и $\Delta k(\lambda)$ мы учитывали вклад в примесное поглощение как процессов фотовозбуждения электронов в зону проводимости с глубоких донорных центров с нормальным законом распределения концентраций по энергии ионизации [3], так и внутрицентровых переходов [2]. Сплошные кривые на рис. 1 и 2 учитывают шесть внутрицентровых переходов с гауссовскими спектральными характеристиками с максимумами при энергиях 1,50; 1,64; 1,76; 2,16; 2,41 и 2,70 эВ. Для переходов электронов в зону проводимости учтены пять центров со средними значениями энергии ионизации 0,82; 1,22; 1,60; 1,94 и 2,70 эВ.

Таким образом, отжиг кристалла BSO в вакууме приводит к увели-

чению оптического поглощения в спектральном диапазоне 400—1100 нм. Наведенные после отжига в вакууме при температуре T_{VV2} = 785 °C изменения в спектре поглощения демонстрируют резонансный характер с широкой полосой, имеющей максимум при λ_m = 450 нм. Отжиг кристалла BSO в вакууме делает их нечувствительными к засветке ИК-излучением с λ = 1064 нм.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2012 г. (проект № 7.2647.2011) при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (госконтракт № 02.740.11.0553). Авторы благодарят М.Г. Кистеневу за постановку задачи и руководство и С.В. Смирнова за полезные консультации.

Проект ГПО ЭП-0701 – «Исследование спектральных характеристик динамики фотоиндуцированного поглощения света в кристаллах силленитов в условиях внешней некогерентной подсветки и влияния температуры».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Малиновский В.К., Гудаев О.А., Гусев В.А., Деменко С.И. Фотоиндуцированные явления в силленитах. Новосибирск: Наука, 1990. 160 с.
- 2. Kisteneva M.G., Akrestina A.S, Shandarov S.M. et al. // J. Holography and Speckle. 2009. Vol. 5, №3. P. 280–285.
- 3. Толстик А.Л., Матусевич А.Ю., Кистенева М.Г. и др. // Квантовая электроника. 2007. Т. 37, № 11. С. 1027–1032.

МУЛЬТИСЕРВИСНАЯ ВНУТРИРАЙОННАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СЕТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ Г. ТОМСКА

А.В. Лисовский, студент 5-го курса

Научный руководитель С.Н. Шарангович, зав. каф. СВЧ и КР, проф. г. Томск, ТУСУР, РТФ, LissovskiAV@gmail.com

В настоящее время растет интерес к развертыванию оптических сетей доступа с прокладкой кабеля до дома или абонента одновременно с запросами пользователей в отношении скорости и качества подключения к сети. В современных условиях конкуренции операторы связи ориентируются на концепцию мультисервисных сетей, которая предполагает доставку по одному каналу сразу трех видов информации — данных, речи и видео. Развертывание новых широкополосных сетей стимулируется в основном требованиями современных приложений к высокой полосе пропускания, например таких, как потоковое видео. Требования пользователей к качеству предоставляемых услуг постоянно растет. Чтобы обеспечить доставку всего мультимедийного трафика, безусловно, нужны передовая среда передачи данных, такая как оптоволокно, и поиск рентабельной технологии построения сетей.

Целью данной работы является выбор технологии построения мультисервисной внутрирайонной сети передачи данных, удовлетворяющей всем современным требования к качеству и скорости передаваемых приложений, выбор оборудования и волоконно-оптического кабеля для построения сети, выбор способа прокладки кабеля, разра-

ботка структурных схем организации сети. Основная задача при выборе решения построения – предоставление наибольшей ширины полосы пропускания при минимальных затратах с возможностью дальнейшей модернизацией сети.

В настоящее время провайдеры, предоставляющие доступ к мультисервисной сети, чаще всего используют три технологии: xDSL, ETTH, GEPON. Рассмотрим особенности, достоинства и недостатки каждой из них.

ADSL (англ. Asymmetric Digital Subscriber Line — асимметричная цифровая абонентская линия) — модемная технология, в которой доступная полоса пропускания канала распределена между исходящим и входящим трафиком асимметрично [1].

В настоящее время ADSL является распространенной технологией предоставления доступа к мультисервисной сети в Томске. Это связано с простотой подключения новых абонентов, т.к. используется уже проложенный в большинство домов телефонный кабель.

С распространением пиринговых сетей и видеосвязи асимметричное разделение исходящего и входящего трафика больше не актуально. Кроме того использование устаревшей среды передачи, не предназначенной для широкополосного доступа, накладывает ряд ограничений на развитие технологии и дальнейшее ее применение.

Скорость подключения абонентов — $100 \, \text{Мбит/c}$ или $1 \, \Gamma \text{бит/c}$. До каждого подключаемого дома производится прокладка оптического кабеля. В качестве соединительных абонентских линий чаще всего используется витая пара пятой категории.

ETTH (Ethernet To The Home) – один из способов постоянного подключения к сети Интернет по протоколу Fast Ethernet, являющийся совместной разработкой компаний «Teleste Corporation» и «Tratec Telecom B.V.» [2].

Скорость подключения абонентов $-100\,$ Мбит/с или $1\,$ Гбит/с. До каждого подключаемого дома производится прокладка оптического кабеля. В качестве соединительных абонентских линий чаще всего используется витая пара пятой категории.

Основными преимуществами такого доступа являются скорость и расстояние — до 100 км без промежуточного усиления и регенерации при большой пропускной способности.

К недостаткам можно отнести наличие активного оборудования на территории абонента, требующего постоянного питания за счет оператора связи. Кроме того, при дальнейшем увеличении пропускной способности этого оборудования его цена будет резко возрастать.

Технология GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) является одной из разновидностей технологии пассивных оптических

сетей PON и одним из самых современных вариантов строительства сетей связи, обеспечивающим высокую скорость передачи информации (до $2,5\ \Gamma \delta/c$) [3].

Распределительная сеть доступа PON основанная на древовидной волоконно-кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах, представляет экономичный способ обеспечить широкополосную передачу информации. При этом архитектура PON обладает необходимой эффективностью наращивания узлов сети и пропускной способности, в зависимости от настоящих и будущих потребностей абонентов.

К преимуществам технологии GEPON относится экономия оптических волокон, лёгкость подключения новых абонентов, удобство обслуживания и отсутствие промежуточных активных узлов.

Таким образом, технология GEPON позволяет построить мультисервисную сеть с наилучшим соотношением цена/качество, которая в процессе эксплуатации будет легко масштабироваться. Использование в качестве среды передачи оптического волокна, проведенного до абонента, открывает большие возможности для дальнейшей модернизации сети.

По итогам работы на основе технологии GEPON была спроектирована мультисервисная внутрирайонная оптическая сеть передачи данных г. Томска для OAO «Ростелеком» от ЭАТС-454 по адресу: ул. Елизаровых, 51а, до дома по адресу пр. Кирова, 64.

Спроектированная сеть соответствует следующим параметрам:

- Скорость передачи информации в прямом потоке 2488 Мб/с.
- Скорость передачи информации в обратном потоке–1244 Мб/с.
- Длина магистральной линии 0,778 км.
- Коэффициент ошибок(не более) -10^{-10} .
- Уровень приема оптического сигнала(не менее) -28 дБм.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (НИР РНП.2.1.1.429, НИР по госконтракту № 02.740.11.0553).

Проект ГПО СВЧиКР-1001 — «Программно-аппаратный комплекс для формирования и исследования фотонных структур в нанокомпозитных фотополимерных материалах».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Общее описание технологии ADSL [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.xdsl.ru/articles/adsl.htm
- 2. Технологии доступа в Интернет / КомпьютерПресс [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.compress.ru/article.aspx? id=9897&iid=414#10
- 3. Технология GEPON [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.svpro.ru/gepon.htm

ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ДИФРАКЦИИ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ

А.Н. Парханюк, магистрант;

А.О. Маркин, Д.А. Картушанов, студенты

Научный руководитель В.М. Шандаров, проф., д-р ф.-м. н. г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧиКР, markin158@yandex.ru

В настоящее время достаточно широкое распространение получили пироэлектрические материалы (пироэлектрики), обладающие электрической поляризацией при отсутствии внешнего электрического поля. В данных материалах возможна компенсация дифракционного расплывания световых пучков и формирования так называемых пиролитонов, т.е. пространственных оптических солитонов, существующих в пироэлектрических материалах [1]. Реализация пиролитонных режимов дает еще одну возможность управления параметрами световых полей в дополнение к известным нелинейно-оптическому, электрооптическому и акустооптическому подходам. Целью данной работы явилось исследование особенностей дифракции световых пучков в фоторефрактивном ниобате лития (LiNbO₃) в условиях вклада пироэлектрического эффекта.

В экспериментах исследовалась линейная и нелинейная дифракция световых пучков в образцах номинально чистого ниобата лития с размером 11 мм в направлении распространения света (ось X). Вдоль направления полярной оси (направление пироэлектрического эффекта, ось Z) образцы имели размеры 5.

При прохождении через кристалл лазерного излучения мощностью порядка 1 мВт вследствие фоторефрактивного эффекта в кристалле формируется динамическая нелинейная отрицательная линза, увеличивающая дифракционную расходимость пучка в направлении транспорта носителей заряда (полярная ось кристалла). При однородном (или близком к однородному) нагревании кристаллического образца LiNbO₃, вследствие вклада пироэлектрического эффекта, удается практически полностью компенсировать дифракционную расходимость пучка. Результаты такого эксперимента представлены на рис. 1.

При длительной экспозиции экспериментальной установки в кристалле ниобата лития формируется волновод. Полученный волновод продолжительное время (более 4 суток) сохраняется после отключения нагревательного элемента.

С помощью амплитудного транспаранта в кристалле $LiNbO_3$ формировались системы волноводов, методика подобного эксперимента описана в источнике [2]. Во время экспонирования кристалл $LiNbO_3$ нагревался до температуры порядка 50 °C. На рис. 2 представлены кар-

тины световых полей на выходной грани кристалла, при прохождении лазерного излучения через полученную систему волноводов.

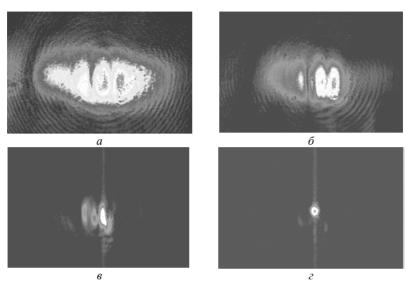


Рис. 1. Картины световых полей на выходной грани образца: a-t=0 мин, температура образца 21 °C; $\delta-t=2$ мин, температура образца 30 °C; $\delta-t=7$ мин, температура образца 45 °C; $\delta-t=17$ мин, температура образца 70 °C, мощность оптического излучения 0,9 мВт, диаметр входного пучка 30 мкм

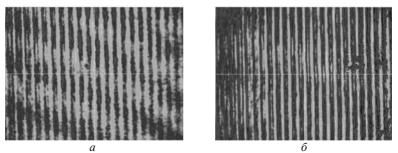


Рис. 2. Картины световых полей на выходной грани образца: a — система волноводов, сформированная без нагревания образца; δ — система волноводов, сформированная с нагреванием образца

Таким образом, результаты экспериментов продемонстрировали возможность существенной компенсации дифракционного расплывания световых пучков, в том числе возможность реализации режима их

бездифракционного распространения. Показана возможность индуцирования систем волноводов, обеспечивающих распространение света с малой дифракционной расходимостью.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (НИР РНП.2.1.1.429, НИР по госконтракту №02.740.11.0553), РФФИ (совместный проект РФФИ-ГФЕН Китая, грант 11-02-91162-ГФЕН_а) и фонда естественнонаучных исследований Китая (грант №11111120063 NSFC).

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Jassem Safioui, Fabrice Devaux, and Mathieu Chauvet. Pyroliton: pyroelectric spatial soliton // OPTICS EXPRESS 22209. 2009. Vol. 17, №24. P. 205–212.
- 2. Davydov S.A., Trenikhin P.A., Shandarov V.M. et al. Quasi-One-Dimensional Photonic Lattices and Superlattices in Litium Niobate: Linear and No-linear Discrete Light Diffraction// Physics of Wave Phenomena. 2010. Vol. 18, № 1. P. 1–6.

ПРОДОЛЬНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ФОТОННЫХ СТРУКТУР В НИОБАТЕ ЛИТИЯ

А.Б. Мухтубаев, В.Ю. Рябчёнок, студенты 4-го курса; П.А. Тренихин, аспирант

Научный руководитель В.М. Шандаров, проф., д-р ф.-м.н. г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧиКР, тикhtubaev.ab@gmail.com

В настоящее время в современной оптике проявляется значительный интерес к исследованиям аналогов некоторых физических эффектов, известных в физике твердого тела и квантовой механике. Существуют возможности для реализации подобных эффектов в массивах различной конфигурации связанных оптических волноводов, называемых фотонными решетками (ФР) [1]. Одним из таких примеров является эффект сверхизлучения Дике [2]. Этот эффект проявляется в виде когерентного излучения коллектива атомов, находящихся в макроскопически большом объеме и связанных за счет их взаимной корреляции.

Пространственным аналогом сверхизлучения Дике может являться эффект трансформации Блоховских мод ФР, принадлежащих разным полосам пропускания структуры. Такая ситуация возможна при продольной пространственной модуляции параметров ФР.

Целью данной работы явилось экспериментальное исследование возможности продольной оптической модуляции параметров одномерных фоторефрактивных ΦP в ниобате лития (LiNbO₃), что в принципе может позволить реализовать в них пространственный оптический аналог эффекта сверхизлучения Дике.

Для формирования базовой ΦP возможно использование различных методик. В наших исследованиях использовалось два метода фор-

мирования базовых ФР. Первый метод основан (рис. 1) на четырехволновом параметрическом взаимодействии необыкновенной излучательной моды подложки с вытекающими ТЕ модами волновода с использованием излучения

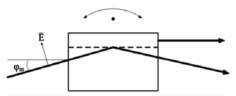


Рис. 1. Схема ввода излучения в волновод

лазера YAG:Nd³⁺ с длиной волны 532 нм [3]. В световом поле после волновода в течение некоторого времени наблюдались лишь отраженные от его поверхности необыкновенные и обыкновенные лучи, а также *m*-линия, указывающая на возбуждение в волноводе вытекающей моды. Через некоторое время на *m*-линии выделились два ярких пятна, расположенных симметрично относительно плоскости падения входного луча, что свидетельствует о наведении базовой ФР.

Во второй конфигурации базовая ΦP формировалась в образце LiNbO₃:Fe 0,05 вес. % с размерами – $10\times5\times10$ мм³. В этом случае использовались амплитудная маска (AM) с периодом 18 мкм и контактный метод [4] (рис. 2). Рисунок 3 соответствует световой картине на выходной плоскости ΦP при ее зондировании широким пучком, распространяющимся вдоль оси X. Индуцирующий световой пучок имел диаметр 3 см, мощность излучения 50 мВт, время экспонирования 40 мин. Волновой вектор создаваемых ΦP ориентировался вдоль оптической оси кристалла.

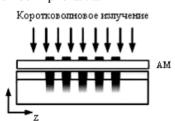


Рис. 2. Контактный метод формирования базовой ΦP

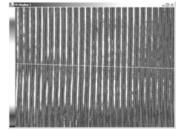


Рис. 3. Картина светового поля на выходной плоскости ФР

Дифракционная картина в дальней зоне, при распространении света вблизи направления оси Y, представлена на рис. 4. Эффективность дифракции (для +1 и -1 дифракционных максимумов) световой волны на ΦP составила 21%.



Рис. 4. Картина дальнего поля при дифракции световой волны на Φ Р (свет распространяется вблизи оси Y)

Продольная модуляция параметров ФР осуществлялась контактным методом путем экспонирования АМ так, чтобы волновой вектор дифракционной структуры был ориентирован перпендикулярно таковому для базовой ФР. Время записи составляло 60 мин, диаметр светового пучка 3 см, мощность излучения 50 мВт, пространственный период АМ 50 мкм. На рис. 5 представлена картина дифракции света в дальней зоне на модулированной ФР излучением Не-Ne лазера с длиной волны 633 нм в направлении вблизи оси Ү. Из рисунка видно, что кроме максимумов, обусловленных дифракцией света на базовой ФР, появляются и дифракционные максимумы в ортогональном направлении, обусловленные продольной модуляцией базовой ФР.

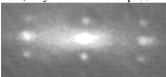


Рис. 5. Дифракция лазерного пучка при его распространении вблизи оси *Y* образца

Таким образом, результаты эксперимента подтвердили возможность продольной оптической модуляции параметров фоторефрактивной ФР в ниобате лития, что в свою очередь позволяет реализовать эффект трансформации Блоховских мод фотонной структуры. С прикладной точки зрения

этот эффект представляет значительный интерес как один из методов получения когерентного излучения в беззеркальных системах [2]. Кроме того, предложено несколько схем для реализации лазерного охлаждения твердых тел, использующих явление сверхизлучения [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (НИР РНП.2.1.1.429, НИР по госконтракту №02.740.11.0553), РФФИ (совместный проект РФФИ-ГФЕН Китая, грант 11-02-91162-ГФЕН_а) и фонда естественнонаучных исследований Китая (грант №11111120063 NSFC).

Проект ГПО СВЧиКР-1002 — «Фоторефрактивные волноводно-оптические элементы на основе электрооптических кристаллов».

ЛИТЕРАТУРА

1. Nonlinear optics and light localization in periodic photonic lattices / D.N. Neshev, A.A. Sukhorukov, W. Krolikowski, and Yu.S. Kivshar // J. Nonlinear Opt. Phys. Mater. 2007. Vol. 16. P. 1–25.

- 2. Андреев А.В. Коллективное спонтанное излучение (сверхизлучения Дике) / А.В. Андреев, В.И. Емельянов, Ю.А. Ильинский // Успехи физических наук. 1980. Т. 131, №4.
- 3. Yamanouchi K., Kamiya T., Shibayama K. // IEEE Trans. on MTT. 1978. №26 P. 298–305.
- 4. Тренихин П.А. Линейная и нелинейная дифракция световых пучков в фоторефрактивных фотонных решетках и сверхрешетках в ниобате лития / П.А. Тренихин, Д.А. Козорезов, К. Хаунхорст и др. // Доклады ТУСУРа. Томск: Изд-во ТУСУРа, 2010. Вып. 2 (22). С. 84–87.
- 5. Nemova G. Alternative technique for laser cooling with superradiance / G. Nemova, R. Kashyap // Phys. Rev. 2011. № 83–013404.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СХЕМА ЗАПИСИ ВОГНУТЫХ ГОЛОГРАММНЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЕТОК ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Э.Р. Муслимов, аспирант каф. ОЭС

Научный руководитель: Н.К. Павлычева, проф. каф. ОЭС, д.т.н. г. Казань, КНИТУ-КАИ, ОЭС, ehduard-muslimv@rambler.ru

Вогнутые голограммные дифракционные решетки второго и третьего поколений используются для создания светосильных спектральных приборов с высокой дисперсией. Такие решетки представляют собой записанную на светочувствительном материале интерференционную картину, полученную от двух когерентных негомоцентрических пучков света. Ко второму поколению принято относить решетки, записанные с помощью вспомогательных зеркал, к третьему — записанные с помощью вспомогательных дифракционных решеток [1].

Параметры записывающих негомоцентрических пучков могут быть определены аналитически [2]. Наиболее точно реализовать расчетную схему записи позволяют вспомогательные неклассические дифракционные решетки. Чаще всего используют вогнутые отражательные дифракционные решетки. Однако использование пропускающих вогнутых голограммных дифракционных решеток (ПВГДР) позволило бы значительно сократить габариты схемы записи, упростить ее юстировку, ввести дополнительные коррекционные параметры.

Теория формирования изображения ПВГДР, записанной точечными источниками, изложена в работе [3]. Анализируя функцию оптического пути решетки, можно записать условие формирования пучка с заданным расстоянием между меридиональным и сагиттальным фокусами. Дополнив его условиями коррекции аберраций в меридиональной плоскости и уравнением, связывающим параметры записи ПВГДР с частотой штрихов в ее вершине, получим систему уравнений, одно-

значно определяющую параметры вспомогательной пропускающей решетки. Введем следующие обозначения: λ_0 — длина волны записи, общая для основной и вспомогательных решеток; ϕ и ϕ' — углы падения и дифракции соответственно; R — радиус кривизны поверхности ПВГДР; N — частота штрихов в вершине решетки; d — расстояние от источника излучения до вершины решетки; d' — расстояние от вершины решетки до точки фокусировки в меридиональной плоскости; $\Delta d'$ — расстояние между меридиональным и сагиттальным фокусами; H_i — коэффициенты голографирования, определяемые полярными координатами источников записи ПВГДР (i_1 , d_1) и (i_2 , d_2). Тогда параметры вспомогательной решетки определяются из системы уравнений вида:

$$-\frac{R\cos^{2}\varphi}{d} + \frac{R\cos^{2}\varphi'}{d'} + \cos\varphi - \cos\varphi' - H_{1} = 0;$$

$$-\frac{R}{d} + \frac{R}{d' + \Delta d'} + \cos\varphi - \cos\varphi' - k\frac{\lambda}{\lambda_{0}}H_{2} = 0;$$

$$-\sin\varphi\cos\varphi\frac{R}{d}\left(1 - \frac{R\cos\varphi}{d}\right) - \sin\varphi'\cos\varphi'\frac{R}{d'}\left(-1 + \frac{R\cos\varphi'}{d'}\right) - H_{3} = 0;$$

$$H_{2} + \cos\varphi\frac{R}{d}\left(-\cos\varphi\frac{R}{d} - 1\right)\left(\cos\varphi\left(-\cos\varphi\frac{R}{d} - 1\right) + 4\sin^{2}\varphi\frac{R}{d}\right) -$$

$$-\cos\varphi'\frac{R}{d'}\left(\cos\varphi'\frac{R}{d'} - 1\right)\left(\cos\varphi'\left(\cos\varphi'\frac{R}{d'} - 1\right) - 4\sin^{2}\varphi'\frac{R}{d'}\right) - H_{5} = 0;$$

$$\sin i_{1} - \sin i_{2} = N\lambda_{0}.$$
(1)

Расчеты показывают, что система (1) имеет решение при значениях d > 0, что соответствует мнимому изображению.

В качестве примера рассмотрим схему записи дифракционной решетки 3-го поколения радиусом 250 мм с частотой штрихов 2800 мм $^{-1}$ для ультрафиолетовой области спектра 200–285 нм. Полярные координаты меридиональных фокусов записывающих пучков для длины волны λ = 457,9 нм равны (57°29'; 139,57 мм) и (–23°9'; 206,65 мм), а смещения сагиттальных фокусов составляют 85,59 и 80 мм соответственно. Записывающие пучки формируются вспомогательными ПВГДР с радиусом кривизны 100 мм и частотой штрихов 500 мм $^{-1}$, работающими в нормальном падении. Расчетные параметры записи равны (–28°9'; 128,82 мм) и (–44°29'; 93,02 мм) для первой решетки; (–27°24'; 129,64 мм) и (–43°34'; 94,30 мм) – для второй.

В табл. 1 приведены аберрации спектрографа на основе разработанной решетки 3-го поколения. Для сравнения в табл. 2 представлены аберрации для аналогичной схемы с решеткой 1-го поколения. В обоих

случаях остаточная дефокусировка корректируется с помощью дополнительной цилиндрической линзы.

Таблица 1 Аберрации спектрографа с лифракционной решеткой 3-го поколения

Аоеррации спектрографа с дифракционной решеткой 5-го поколения							
		$\lambda_{\rm cp} = 200 \text{ HM}$ y' = -31,79		$\lambda_1 = 243 \text{ HM}$		$\lambda_2 = 285 \text{ HM}$	
m	M			y' = 0		y' = 31,57	
		$\Delta y'$	$\Delta z'$	$\Delta y'$	$\Delta z'$	$\Delta y'$	$\Delta z'$
7	0	-0,008	0	-0,010	0	-0,004	0
-7	0	-0,012	0	0,008	0	-0,010	0
0	7	0,019	0,302	0,016	-0.028	0,017	0,365

Таблица 2 Аберрации спектрографа с дифракционной решеткой 1-го поколения

г	тосрр		and por purpor o garappuncture and present and a second					
	m	M	$\lambda_{cp} = 200 \text{ HM}$		$\lambda_1 = 243 \text{ HM}$		$\lambda_2 = 285 \text{ HM}$	
			$y^{\hat{i}} = -31,79$		y' = 0		y' = 31,57	
L			$\Delta y'$	$\Delta z'$	$\Delta y'$	$\Delta z'$	$\Delta y'$	$\Delta z'$
	7	0	-0,015	0	-0,010	0	-0,008	0
	-7	0	0,010	0	0,010	0	0,017	0
	0	7	0,051	0,280	0,061	-0,033	0,085	0,309

Разработанная схема записи представлена на рис. 1, где I — точечные источники когерентного излучения; 2 — вспомогательные ПВГДР; 3 — подложка записываемой дифракционной решетки.

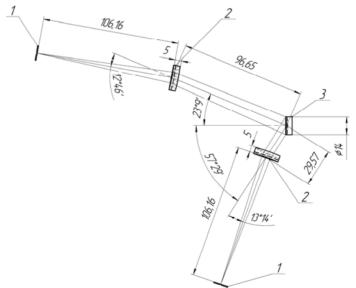


Рис. 1. Схема записи голограммной дифракционной решетки 3-го поколения

Результаты расчетов показывают, что дифракционные решетки 3-го поколения, записанные с помощью ПВГДР, позволяют увеличить разрешение спектральных приборов за счет коррекции сагиттальной комы и сферической аберрации. При этом схема записи такой решетки компактна и проста в юстировке.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Palmer C., Loewen E. Diffractiomn grating handbook. 6th ed. Newport Corp., Rochester, 2005.
- 2. Павлычева Н.К. Спектральные приборы с неклассическими дифракционными решетками. Казань: Изд-во КГТУ, 2003. 198 с.
- 3. Муслимов Э.Р. Теоретическое исследование свойств вогнутой пропускающей голограммной дифракционной решетки // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО, 2011. №1. С. 1–6.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ (PON) г. ТОМСКА

А.О. Семкин, студент 5-го курса

Научный руководитель С.Н. Шарангович, проф., зав. каф. СВЧ и КР г. Томск, ТУСУР, РТФ, a.o.semkin@gmail.com

Сегодня волоконно-оптические системы передачи информации являются наиболее эффективными с точки зрения пропускной способности и дальности передачи. Однако до недавнего времени оптическое волокно использовалось только на магистральных участках сети из-за высокой стоимости активного оборудования и прокладки кабеля.

Появление оптического волокна Rec. ITU-T G.657, затухание в котором слабо зависит от изгибов малого радиуса, позволило прокладывать оптические кабели внутри помещений. А технологии пассивных оптических сетей (PON) решили вопрос высокой стоимости активных элементов: в таких сетях между станцией и абонентом устанавливается только пассивное оборудование.

Целью данной работы является поиск наиболее экономически и технологически выгодной технологии организации пассивной оптической сети в г. Томске, расчет характеристик и оптимизация данной сети, обзор существующего и альтернативного оборудования, выбор конкретных технических решений.

Пассивная оптическая сеть строится на основе следующего оборудования: линейный оптический узел (OLT), абонентский оптический узел (ONT), пассивные оптические разветвители и оптические кабели.

Основная идея архитектуры PON – использование всего одного приемопередающего модуля в центральном узле OLT для передачи информации множеству абонентских устройств ONT и приема информации от них. Реализация этого принципа показана на рис. 1 [1].

Исторически первые разработки в технологии PON были проведены в 1995 г., когда группа крупных компаний создала консорциум для того, чтобы претворить в жизнь идеи множественного доступа по одному волокну. Целью консорциума была разработка общих рекомендаций и требований к оборудованию PON [1]. Итогом его работы являются стандарты на пассивные оптические сети, отличающиеся протоколами передачи: APON, BPON, GPON, EPON (GEPON) [1]. Каждая из данных технологий имеет свою элементную базу, не совместимую с оборудованием других стандартов. В настоящее время предприятием ОАО «Ростелеком» строятся сети на основе стандарта GEPON (Gigabit Ethernet PON), т.к. сегодня решения на основе Ethernet стали наиболее универсальными и получили самое большое распространение. По разным оценкам, более 95% всех эксплуатируемых локальных сетей в мире с суммарным числом портов более 320 млн используют стандарт Ethernet [2].

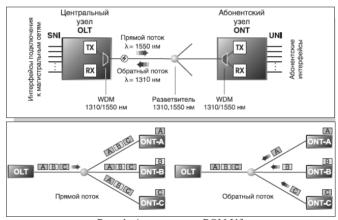


Рис. 1. Архитектура РОЛ [1]

В работе произведены расчет характеристик, обзор и выбор оборудования для каждой технологии, рассмотрены альтернативы решению GEPON в г. Томске. Расчеты и оптимизация сетей проводились в среде автоматизированного проектирования PON Project 1.0.

Любой из перечисленных стандартов поддерживает возможность организации мультисервисной сети с передачей трафика разной при-

роды (данные, телефония, телевидение) на разных длинах волн. Для этого в состав центрального и абонентского узлов входят WDM мультиплексоры/демультиплексоры, осуществляющие ввод и вывод сигналов на определенной длине волны из группового потока (см. рис. 1) [1]. В основном мультиплексоры оборудования PON строятся на основе интерференционных фильтров, представляющих собой совокупность нескольких чередующихся слоев прозрачного диэлектрического материала с различными показателями преломления, нанесенных на прозрачную подложку [3]. В работе предложена технология мультиплексирования на основе наложенных голографических дифракционных решеток в фотополимерных материалах [4] как альтернатива используемой технологии.

В итоге проделанной работы рассмотрены существующие и альтернативные технологии организации пассивных оптических сетей, произведен расчет характеристик, обзор и выбор оборудования PON различных стандартов, предложены альтернативные решения для устройств сети, произведены соответствующие расчеты. Приведены наиболее эффективные решения организации PON с экономическим и технологическим обоснованием.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (НИР РНП.2.1.1.429, НИР по госконтракту№02.740.11.0553).

Проект ГПО СВЧиКР-1001 — «Программно-аппаратный комплекс для формирования и исследования фотонных структур в нанокомпозитных фотополимерных материалах».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON. Ч. 1 // Ligtwave russian edition. 2004. №1. С. 22–28.
- 2. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON. Ч. 2 // Ligtwave russian edition. 2004. №2. С. 25–32.
- 3. Довольнов Е.А., Кузнецов В.В., Миргород В.Г., Шарангович С.Н. Мультиплексорное и усилительное оборудование многоволновых оптических систем передачи: учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2006. 157 с.
- 4. Довольнов Е.А. Волновая фильтрация и мультиплексирование в волоконно-оптических системах передачи на основе высокоэффективных фотополимерных дифракционных решеток / Е.А. Довольнов, В.В. Кузнецов, С.Н. Шарангович // Методы и устройства передачи и обработки информации: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 3 / Под ред. В.В. Ромашова, В.В. Булкина. СПб.: Гидрометеиздат, 2003. С. 105–115.

ФАЗОВАЯ ДЕМОДУЛЯЦИЯ ПРИ ДВУХВОЛНОВОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НА ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ГОЛОГРАММАХ В КРИСТАЛЛАХ КЛАССА СИЛЛЕНИТОВ

О.С. Сюваева, студентка 5-го курса; С.С. Шмаков, аспирант Научный руководитель С.М. Шандаров, проф., д.ф.-м.н. г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, каф. ЭП, sergafan.86@mail.ru

Использование фазовой демодуляции при встречном двухволновом взаимодействии на отражательных голограммах в кристаллах (100)-среза титаната висмута, принадлежащего к классу силленитов, позволяет проводить адаптивные измерения колебаний поверхностей объектов с амплитудами менее 5 пм [1]. В работе [2] получено, что в кристаллах силленитов среза (111) отражательные голографические решетки содержат фазовую и амплитудную составляющие, которые имеют некоторые сдвиги относительно интерференционной картины, отличающиеся от значений, характерных для диффузионного механизма разделения зарядов. Такие отличия фоторефрактивного отклика от традиционно рассматриваемого приводят к особенностям в фазовой демодуляции на отражательных голограммах, которые должны проявляться и в наиболее эффективном для её реализации в силленитах срезе (100).

В настоящей статье представлены результаты исследования встречного взаимодействия для стационарного пучка накачки и фазомодулированного сигнального пучка, имеющих циркулярную поляризацию противоположного знака, в кристаллах силленитов среза (100). При теоретическом анализе полагалось, что кроме обусловленных обычным диффузионным механизмом межмодовых процессов (с изменением собственного показателя преломления [2]), вклад которых в рассматриваемое взаимодействие характеризуется ниже коэффициентом Γ_i , существует дополнительный вклад внутримодовой связи волн сигнала и накачки, описываемый некоторым комплексным коэффициентом $\Gamma = \Gamma_1 + i\Gamma_2$. Использование приближения неистощимой волны накачки и подхода, описанного в [2], позволяет получить следующие соотношения для относительных амплитуд гармоник $M^{(n)}$ частоты модуляции с номерами n=0, 1 и 2 в спектре модуляции интенсивности выходного сигнального пучка:

$$M^{(0)} = 1 + J_0 (\varphi_m)^2 \left[\exp(-\Gamma_1 d) - 1 + \frac{\Gamma_i^2}{\left|\Gamma\right|^2 + 16\rho^2 + 8\Gamma_2 \rho} \left(1 + \exp(-\Gamma_1 d) - 2\exp\left(-\frac{\Gamma_1}{2} d\right) \cos\left(\frac{\Gamma_2}{2} d + 2\rho d\right) \right) \right],$$

$$M^{(1)} = -4J_0(\varphi_m)J_1(\varphi_m)\exp\left(-\frac{\Gamma_1}{2}d\right)\sin\left(\frac{\Gamma_2}{2}d\right), \tag{1}$$

$$M^{(2)} = 4J_0(\varphi_m)J_2(\varphi_m)\left(\exp\left(-\frac{\Gamma_1}{2}d\right)\cos\left(\frac{\Gamma_2}{2}d\right) - 1\right),$$

где $J_n(\phi_m)$ — функция Бесселя n-го порядка от амплитуды синусоидальной фазовой модуляции ϕ_m ; ρ — удельное оптическое вращение и d — толщина кристалла.

Для проведения экспериментальных исследований фазовой демодуляции использовалась описанная в [1] установка, в которой сигнальный пучок имел круговую поляризацию, противоположную по знаку вращения круговой поляризации пучка накачки. Отражательные голограммы формировались в кристалле $\mathrm{Bi}_{12}\mathrm{TiO}_{20}$: Cu , Fe среза (100), имеющем удельное вращение $\rho=-8,5$ град/мм на используемой длине волны 633 нм и толщину d=2,62 мм. Мощность сигнального пучка на входной грани кристалла имела значение $P_{50} \approx 28$ мкВт при мощности накачки, равной 0,5 мВт. Фазовая модуляция сигнального пучка осуществлялась путем его отражения при малом угле падения от зеркала, приклеенного к пьезокерамическому цилиндру и колеблющегося с частотой 300 $\mathrm{\Gamma}\mathrm{u}$. Амплитуда колебаний зеркала l задавалась генератором синусоидальных сигналов в диапазоне от 0,6 до 200 нм и определяла амплитуду фазовой модуляции как $\mathrm{o}_m \approx 4\pi l/\lambda$.

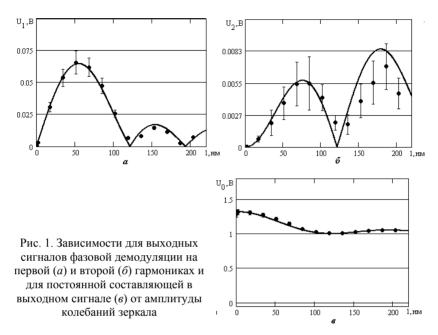
После взаимодействия в кристалле со стационарным пучком накачки сигнальный пучок, модулированный уже по интенсивности, регистрировался фотодиодом Φ Д-256, нагруженным на сопротивление $R_l=39$ кОм и смещенным в обратном направлении, с токовой монохроматической чувствительностью $S_{ph}=0,217$ А/Вт. Амплитуды первой (U_1) и второй (U_2) гармоник сигнала фазовой демодуляции измерялись на сопротивлении нагрузки при помощи селективного вольтметра, а постоянная составляющая сигнала U_0 — милливольтметром постоянного напряжения. В этом случае связь измеряемых напряжений с относительными амплитудами гармоник, определяемыми соотношениями (1), дается выражением

$$U_{(n)} = R_l S_{ph} M^{(n)} P_{S0} (1 - R)^2 \exp(-\alpha d) , \qquad (2)$$

где R — френелевский коэффициент отражения от граней образца и α — его коэффициент оптического поглощения.

Результаты экспериментальных исследований зависимостей амплитуд измеряемых выходных напряжений, отражающих соответствующие относительные амплитуды в спектре модуляции интенсивности сигнального пучка, от амплитуды колебаний зеркала представлены

с использованием статистической обработки данных для серии из 12 экспериментов точками на рис. 1.



Сплошные кривые на данном рисунке соответствуют расчету с использованием соотношений (1) и (2) при следующих значениях коэффициентов, характеризующих рассматриваемое взаимодействие:

$$\Gamma_1 = -0.1 \text{ cm}^{-1}$$
; $\Gamma_2 = -0.36 \text{ cm}^{-1}$; $\Gamma_i = 4.20 \text{ cm}^{-1}$.

Сравнение результатов расчета и экспериментальных данных по-казывает, что они хорошо согласуются друг с другом для рассматриваемой модели встречного взаимодействия стационарного пучка накачки и фазомодулированного сигнального пучка, имеющих циркулярную поляризацию противоположного знака, в кристаллах силленитов среза (100). Отметим, что для такого взаимодействия только при наличии дополнительного вклада внутримодовой связи волн сигнала и накачки, характеризуемого комплексным коэффициентом $\Gamma = \Gamma_1 + i\Gamma_2$, выходные сигналы фазовой демодуляции на первой и второй гармониках частоты модуляции отличны от нуля.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2012 год (проект 7.2647.2011) и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (госконтракт № 02.740.11.0553).

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Колегов А.А., Шандаров С.М., Симонова Г.В. и др. Адаптивная интерферометрия, использующая динамические отражательные голограммы в кубических фоторефрактивных кристаллах // Квантовая электроника. 2011. Т. 41, № 9. С. 847–852.
- 2. Shandarov S.M., Kolegov A.A., Burimov N.I. et al. Two-wave mixing on reflection dynamic gratings in sillenite crystals under phase modulation of signal beam // Physics of Wave Phenomenon. 2009. Vol. 17, №1. P. 39–44.

РАЗРАБОТКА МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ БЕЛОГО ЦВЕТА СВЕЧЕНИЯ ЛЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

В.С. Солдаткин, аспирант каф. РЭТЭМ; К.В. Тепляков, инженер ОАО НИИПП; С.Н. Устюгов, студент 5-го курса каф. ЭП

Научный руководитель А.А. Вилисов, проф., д.т.н. г. Томск, ТУСУР, issledowatel86@mail.ru, rjcnz-nuts@rambler.ru, serjaffa-fred@mail.ru, vilisovaa@mail.ru

В связи с быстрыми темпами развития сегмента рынка полупроводниковой светотехники большим спросом пользуются мощеные светодиоды белого цвета свечения, предназначенные для поверхностного монтажа. Востребованность конструкции, предназначенной для поверхностного монтажа как светодиодов, так и прочих радиоэлементов, обусловлена пригодностью конструкции к автоматизированной сборке и монтажу в крупносерийном производстве.

Как известно [1], светодиод белого цвета свечения состоит из полупроводникового кристалла GaN/InGaN синего цвета свечения, смонтированного в корпус с теплоотводом, а для получения белого цвета свечения данная конструкция герметизируется смесью компаунда и люминофора.

Одной из работ, проведённой нами в этом году, является выбор наиболее эффективной конструкции кристалла.

Сегодня на рынке представлены пять типов кристаллов. Самый распространённый – кристалл планарного типа с сапфировой подложкой, оба электрических контакта у такого кристалла расположены на плоскости, через которую осуществляется вывод излучения. Кристалл вертикальной конструкции с сапфировой подложкой (SemiLEDs). Слои GaN/InGaN после технологической операции lift-off перенесены на медную подложку, которая является теплоотводом и контактом к *р*-типу полупроводника. Кристаллы вертикальной структуры выращенные на карбиде кремния (SiC). Карбид кремния также является электро- и теплопроводным, к тому же прозрачный (Cree). Кристаллы

вертикальной структуры выращенны на подложке из электропроводного кремния (Osram), и кристаллы для монтажа – методом flip-chip, свет выводится из кристалла через плоскость, противоположную плоскости с электрическими контактами (Светлана-оптоэлектроника, Lumileds).

Внутренний квантовый выход светодиодов, отношение числа рождённых в его активной области фотонов к числу инжектированных в неё электронов в единицу времени для GaN кристаллов близки к единице. А внешний квантовый выход излучения светодиодов, отношение числа фотонов, испущенных светодиодом к числу инжектированных электронов в единицу времени на сегодняшний момент на промышленных образцах составляет ~0,6. Это обусловлено поглощением и переотражением фотонов электрическими контактами и подложкой, а так же отражением от перехода сред, например GaN (показатель преломления 2.4) и воздух (показатель преломления 1). Разница в показателях преломления может привести к полному внутреннему отражению, и свет локализуется внутри структуры. Доля выходящего излучения из GaN в воздух составляет 4,18%. Для повышения внешнего квантового выхода применяют просветляющие покрытия на поверхности кристалла, прозрачные электрические контакты и различные компаунды, а также структурирование поверхности.

Для характеристики светодиодов применяют энергетические и фотометрические величины. Энергетические — мощность оптического излучения в Вт и КПД кристалла. Световые — световой поток (лм), сила света (кд), световая отдача лм/Вт — отношение светового потока к потребляемой электрической мощности. Световая отдача это важная характеристика светодиодов белого цвета свечения. Эта величина необходима для характеристики источников света для освещения, для ламп накаливания её значение составляет 15 лм/Вт, для современных промышленных белых светодиодов 130 лм/Вт, для экспериментальных лабораторных образцов до 250 лм/Вт (Nichia), а максимально возможное значение для белого светодиода 340 лм/Вт, это обусловлено кривой видимости человеческого глаза, максимальное значение 683 лм/Вт для излучения с длиной волны 555 нм.

Проведено сравнение двух типов кристаллов планарного на сапфире и вертикального на меди. Собраны светодиоды в типовом корпусе по 10 шт., сняты зависимости световой отдачи (n) лм/Вт от прямого постоянного тока светодиодов (CД) до и после герметизации, и измерены значения теплового сопротивления (R_t) К/Вт.

Измерены тепловые сопротивления для СД с планарными кристаллами (33–38) К/Вт, для СД с вертикальным кристаллом (22–30) К/Вт (рис. 1, 2).

Зависимость световой отдачи от тока

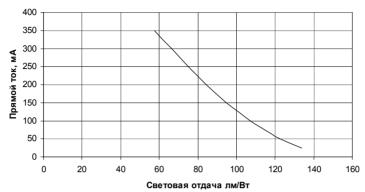


Рис. 1. Зависимость световой отдачи от прямого тока на СД с планарным кристаллом

Зависимость световой отдачи от тока

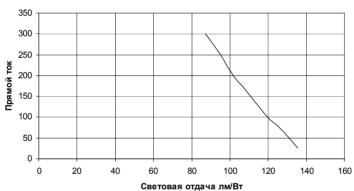


Рис. 2. Зависимость световой отдачи от прямого тока на СД с вертикальным кристаллом

Вывод из данной работы — наиболее эффективными являются кристаллы вертикального типа как за счет оптических свойств, меньшей площади контактной металлизации на поверхности вывода излучения, так и за счёт отвода тепла от активной области полупроводника через медную подложку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. с англ.; под ред. А.Э. Юновича. 2-е изд. М.: Физматлит, 2008. 496 с.

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ МОДУЛЯТОРОВ, ОСНОВАННЫХ НА КРИСТАЛЛАХ КТР

М.А. Тагильцева, студентка 3-го курса; И.А. Паргачёв, Ю.В. Кулешов, аспиранты каф. ЭП Научный руководитель Л.Я. Серебреников, доцент каф. ЭП, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, manbka91@mail.ru

Модуляция света — одна из важных задач при конструировании устройств и комплексов, использующих лазерное излучение. Непрерывное развитие лазерных технологий постоянно устанавливает новые требования к устройствам модуляции лазерного излучения. Для удовлетворения всех требований необходимы поиск и исследования новых материалов, а также изучение устройств, основанных на этих материалах. Кристаллы КТР зарекомендовали себя как перспективный материал для создания на их основе электрооптических модуляторов света за счет их широкого температурного и спектрального диапазона, высоких электрооптических коэффициентов и низких диэлектрической проницаемости и пьезоэлектрического звона. Также в отличие от аналогов они негигроскопичны, химически и механически стабильны [1]. Кристаллы обладают повышенным показателем порога оптической прочности (до 3 ГВт/см²) и низкой ионной проводимостью (порядка 10^{-11} — 10^{-12} Ом $^{-1}$ см $^{-1}$).

Однако как и во всех оптических кристаллах, так и в КТР есть неоднородности, влияющие на параметры электрооптических модуляторов, изготовленных из этих кристаллов. Неоднородности в элементах проявляются в виде периодической структуры и линейного изменения показателя преломления по объему кристалла. Периодическая структура хорошо видна в отраженном пучке от элемента (рис. 1, a). Линейное изменение показателя преломления проявляется в виде широкой темной полосы, когда линейно поляризованный свет проходит через кристалл, помещенный между двумя скрещенными поляроидами (рис. $1, \delta$).

Разработка теоретической модели, включающей в себя периодические и линейные изменения показателя преломления и электрооптических коэффициентов кристалла КТР, позволит более точно определить степень влияния неоднородностей

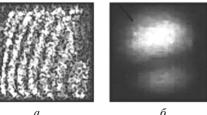


Рис. 1. Неоднородности в элементах электрооптического модулятора (a- периодические, $\delta-$ линейные)

различного типа на параметры электрооптических модуляторов. Теоретическая модель основана на расчете фазового сдвига между медленной и быстрой волнами в кристалле, который в итоге определяет интенсивность проходящего через поляроид свет. Принято, что в элемент входит линейно поляризованная волна, вектор поляризации которой отклоняется от осей x и z кристалла на 45° .

$$\Phi = -\frac{2\pi}{\lambda} \cdot l \cdot (n_z - n_x) + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot n_z^3 \cdot r_{cl} \cdot U \cdot \frac{l}{d}, \qquad (1)$$

гле

$$r_{c1} = r_{33} - \left(\frac{n_x}{n_z}\right)^3 \cdot \eta_3. \tag{2}$$

Интенсивность прошедшего поляроид света определяется как

$$I = I_m \cdot \cos^2\left(\frac{\Phi}{2}\right). \tag{3}$$

Выражения (1) и (2) не содержат переменных, зависящих от координаты, следовательно, при приложении электрического поля к элементу вдоль оси z фазовый сдвиг будет одинаковый в любой точке светового поля. Соответственно из формулы (3) интенсивность проходящего через поляроид света одинакова во всех его точках и зависит только от напряжения.

При принятии n_x и n_z как функций, линейно зависящих от координаты, распределение интенсивности по световому полю становится неравномерным. На рис. 2, a и δ представлено распределение интенсивности светового поля ($\lambda=0,63$ мкм) от изменения показателей преломления n_x и n_z вдоль координат x и z элемента с размерами $8\times10\times8$ мм на величину $\Delta n=0,00005$ (см. рис. 2, a) и $\Delta n=0,00002$ (см. рис. 2, δ). При изменении показателя преломления в пятом знаке наблюдаются значительные изменения интенсивности светового поля даже без приложения электрического поля. При приложении поля наблюдается сдвиг картины затемнения.

Периодические неоднородности в теоретической модели представляются в виде гармонической функции с заданным максимальным приращением показателя преломления и количеством периодов в элементе. На рис. 2, s представлено распределение интенсивности светового поля ($\lambda=0,63$ мкм) от изменения показателя преломления n_z вдоль координаты z элемента с максимальным отклонением $\Delta n_m=0,000001$. При приложении поля наблюдается сдвиг картины вдоль оси z.

Результаты, полученные в теоретической модели, схожи с экспериментальными наблюдениями. Это подтверждает то, что неоднородности возникают вследствие переменных показателей преломления в объеме кристалла.

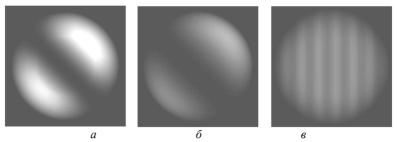


Рис. 2. Зависимость интенсивности света от изменения показателей преломления вдоль осей *х* и *z* кристалла

Если в элементах с размерами $2\times10\times2$ мм, $4\times10\times4$ мм и $5\times10\times5$ мм по осям x, y и z соответственно неоднородности сказывались незначительно и большая часть элементов, вырезанных из одной були, имели контрастность 20 дБ и более, то в элементах с размерами $8\times10\times8$ мм неоднородности часто оказывают слишком большое влияние. Вследствие этого сильно уменьшается количество элементов, контрастность которых достигает 20 дБ.

Имея изображение распределения светового поля, можно оценить изменение показателя преломления в кристалле KTP и степень его неоднородности.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2012 год (проект 7.2647.2011) и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (госконтракт № 02.740.11.0553).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин Ю.А. Основы оптоэлектроники. М.: Мир, 1988. 140 с.

СПЛИТТЕРЫ В ОПТИЧЕСКИХ ПАССИВНЫХ СЕТЯХ

А.С. Уткина, студентка, С.В. Титов, выпускник; В.И. Ефанов, проф. каф. СВЧ и КР

г. Томск, ТУСУР, evi@main.tusur.ru

В век информационных технологий сети доступа вызывают растущий интерес у специалистов в связи с тем, что сервисные возможности этих сетей, постоянно расширяясь, выходят на качественно новый уровень и покрывают почти все типы сервиса — от передачи голоса и данных до мультимедиа и видео. Наиболее перспективным направлением в телекоммуникациях является волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), позволяющие передать огромный объем информации с высокой скоростью и на большие расстояния. Наряду с магистральны-

ми, зоновыми линиями связи большой интерес вызывают пассивные оптические сети (PON). Распределительная сеть доступа PON, основана на древовидной топологии кабельной архитектуры с оптическими разветвителями (сплиттерами) на узлах, является наиболее экономичной, способной обеспечить широкополосную передачу различных приложений. Также архитектура PON позволяет эффективно наращивать как число узлов в сети, так и пропускную способность абонентской оптической линии в зависимости от потребностей абонентов.

Архитектура PON использует решения на основе топологии «точка-многоточка», то есть к одному порту центрального узла можно подключать целый волоконно-оптический сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки абонентов. Число абонентских узлов, подключенных к одному передающему модулю, может быть на столько большим, на сколько позволяют бюджет мощности и максимальная скорость аппаратуры. В промежуточных узлах дерева устанавливаются пассивные оптические сплиттеры (разветвители), не требующие питания и обслуживания. Разветвитель представляет собой пассивный оптический многополюсник $(n \times m)$ с заданным количеством входных (n) и выходных портов (m). Его задачей является перераспределение мощности сигналов между входными и выходными портами [1].

РОN позволяет экономить на кабельной инфраструктуре за счет сокращения суммарной протяженности ОВ, так как на участке от центрального узла до разветвителя используется всего одно ОВ. Экономичный вариант возможен при сокращении числа оптических передатчиков и приемников в центральном узле. К основным функциональным элементам сети РОN относятся центральные и абонентские узлы и оптические разветвители.

В данной работе представлен результат анализа выражения для расчета вносимых потерь сплиттеров в системах РОN. Расчет потерь в сплиттерах показан только в статье [2] и на наш взгляд требует серьезной корректировки в связи с тем, что результаты имеют большую погрешность относительно данных, полученных нами экспериментальным путем, так как самой ответственной задачей при проектировании сбалансированной сети является расчет бюджета потерь и определения оптимальных коэффициентов деления всех разветвителей.

Все разветвители в сетях PON могут быть классифицированы: по рабочей полосе пропускания (на стандартные однооконные $\lambda_{pa6}\pm 10$ нм, широкополосные однооконные $\lambda_{pa6}\pm 40$ нм и двухоконные); по технологии изготовления (сплавные и планарные); по числу выходных портов и коэффициента деления мощности [3].

Производители пассивного оборудования ВОЛС предлагают много номиналов симметричных сплиттеров $1\times N$ (1×2 , 1×4 , 1×8 , 1×16 ,

 $1\times32,\ 1\times64)$ с равномерным коэффициентом деления. Каждый сплиттер имеет сумму избыточных потерь и потерь, вызванных делением мощности, то есть вносимые потери. Для равномерного разветвителя мы предлагаем вносимые потери ($\alpha_{\text{внос}}$) вычислять в соответствии, выражением

$$\alpha_{\text{BHOC}} = 10 \cdot \lg N + \beta \cdot \lg [N \cdot (N-1)], (\text{дБ}),$$

где β – коэффициент, зависящий от класса качества сплиттера, введенный в соответствии с данными, полученными экспериментальным путем, и коррелирующий с работами других авторов (для A-класса β = 0,4, для B-класса β = 0,6).

Деление на два класса обусловлено совокупностью параметров разветвителя. Разветвители класса A обладают лучшими характеристиками в широких окнах ± 40 нм, тогда как класс B гарантирует типовые характеристики в узких окнах ± 10 нм. B зависимости от класса и идет градация в ценовой политике. B таблице приведены вносимые потери ($\alpha_{\text{внос}}$) двух классов точности для разветвителей с равномерным коэффициентом деления 1×2 и 1×4 .

Вносимые потери оптической мощности разветвителей

Разветвитель	Вносимые потери оптической мощности		
$1 \times N$	Класс A при $\beta = 0,4$	Класс В при β = 0,6	
1×2	3,12	3,18	
1×4	6,45	6,66	

Наиболее интересным с точки зрения проектирования представляется расчет вносимых потерь сплиттеров с неравномерным коэффициентом деления каналов, это связано с тем, что на практике постоянно встречаются проекты, где конечным пользователям нужны разные потоки мощности. Допустим, микрорайон состоит из нескольких секторов с разным количеством абонентов, и экономически целесообразно подвести один ОК и уже на месте в разные сектора подать разную мощность при помощи неравномерного сплиттера. Следовательно, при проектировании оптической системы PON особое значение имеет расчет вносимых потерь на неравномерных сплиттерах. В этом случае мы предлагаем следующее выражение:

$$\alpha_{\text{внос}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{100\%}{D\%} \right) + \beta \cdot \lg \left[\frac{100\%}{D\%} \cdot (N-1) \right], \quad (дБ)$$

где D% – процент мощности, выводимой в n-й порт, %.

Представленные выражения дают возможность расчета распределения мощности в сетях PON, с целью строительства сбалансированной сети с минимальным разбросом потерь и максимальным запасом

мощности системы. Применение сплиттеров позволяет экономически выгодно построить и реализовать проект системы, также дает возможность быстро и гибко наращивать сети на произвольном этапе, используя концепцию точек роста.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Дмитриев С.А., Слепов Н.Н. Волоконно-оптическая техника. Современное состояние и новые перспективы. Техносфера. 2010. 607 с.
- 2. Практика проектирования пассивных оптических сетей [Электронный ресурс]. URL: http://www.deps.ua/tehnicheskaya-informatsiya/stati/praktika
- 3. Ефанов В.И. Направляющие системы электросвязи. Ч. 2: Волоконно-оптические линии связи: учеб. пособие. Томск, 2007. 163 с.

СЕКШИЯ 9

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА

Председатель — **Ворошилин Е.П.**, зав. каф. ТОР, к.т.н., зам. председателя — **Белов В.И.**, доцент каф. ТОР, к.т.н.

ТЕСТОВЫЙ СТЕНД ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ РЕАЛИЗАЦИЙ ПРОТОКОЛОВ ШИРОКОПОЛОСНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

- **Е.В. Бортников, А.А. Немеров, А.С. Крупский, аспиранты каф. АСУ** Научный руководитель И.В. Бойченко, докторант каф. АСУ, доцент, к.т.н.
 - г. Томск, ТУСУР, bortnikov@asu.tusur.ru, nemerov@asu.tusur.ru, kas@asu.tusur.ru

В настоящее время все большее распространение получают сети широкополосного беспроводного доступа (ШБД). Это распространение вызвано появлением широкого спектра портативных устройств (ноутбуки, смартфоны), а широкополосные беспроводные сети, как известно, позволяют успешно решить проблему «последней мили».

В общем виде сети широкополосного беспроводного доступа состоят из следующих основных частей: базовых (БС) и абонентских станций (АС), а также оборудования, связывающего базовые станции между собой, с поставщиком сервисов и глобальной сетью Интернет [1]. Для соединения базовой станции с абонентской, как правило, используется высокочастотный диапазон радиоволн.

Протоколы широкополосных беспроводных сетей отличаются большей сложностью по сравнению с протоколами проводных сетей, такими как Ethernet, или протоколами беспроводных сетей с небольшой зоной покрытия, например, WiFi. В сети ШБД возможно большое число событий и состояний, предусмотренных протоколом. Это связано, во-первых, с нестабильностью беспроводных каналов и, следовательно, необходимостью выполнять мониторинг и подстройку. Вовторых, протокол ориентирован на соединения с обеспечением качества обслуживания, и основной контроль по управлению сетью должна брать на себя базовая станция.

Примером сети ШБД является сеть стандарта IEEE 802.16 [2]. Стандарт IEEE 802.16 описывает сеть ШБД масштаба города (MAN — Metropolitan Area Network). Коммерческое название сетей, работающих по протоколу 802.16, — WiMAX. Аббревиатура WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) расшифровывается как протокол Всемирной сети широкополосной радиосвязи. Все возможные события сети WiMAX описаны в стандарте IEEE 802.16 в виде сообшений.

В связи со сложностью протокола 802.16 усложняется также и тестирование его реализации на предмет соответствия протоколу, т.е. проверка того, что на данное конкретное сообщение система реагирует именно так, как того требует стандарт.

Для тестирования программных реализаций протоколов ШБД очень полезным оказывается тестовый стенд, позволяющий сымитировать события в сети и проверить реакцию системы управления сетью ШБД на эти события.

Тестовый стенл

Тестовый стенд позволяет проверить реализацию протокола сети ШБД без использования реальных радиоустройств. Стенд абстрагирует работу выше- и нижестоящих уровней (относительно МАС-уровня сети ШБД), обеспечивая возможность тестирования и отладки алгоритмов работы системы управления сетью ШБД без полной реализации всего стека компонентов ПО, а также без использования радиоустройств.

Стенд позволяет базовым и абонентским станциям обмениваться реальным сетевым трафиком по сети Ethernet. Обмен реальным трафиком дает возможность производить мониторинг производительности сети при различных вариантах нагрузки.

Все события, которые могут возникнуть в сети (подключение и отключение абонентских станций, изменение числа и характеристик сервисных потоков, модуляции радиосигнала абонентских станций), могут генерироваться в случайной или заданной последовательности тестовым стендом, что позволяет провести нагрузочное, функциональное и другие виды тестирования системы в условиях, приближенных к реальным, без применения радиооборудования.

Тестовый стенд состоит из следующих частей:

- драйвер Ethernet, позволяющий обмениваться станциям реальным сетевым трафиком;
 - генератор и приемник сетевого трафика;
 - виртуальные сетевые карты (TUN/TAP);
- средство для генерации различных событий в сети и проверки реакции и состояний системы (CTESK).

В качестве генератора и приемника сетевого трафика использована утилита iperf (http://iperf.sourceforge.net). Проверку реализации системы на соответствие протоколу выполняет инструмент CTESK [3].

CTESK отличается от других инструментов для функционального тестирования тем, что напрямую не описывает необходимые тесты. Цепочки тестов генерируются автоматически на основе заданных сценариев и состояний.

Заключение

Предложена технология тестирования реализаций сетевого протокола стандарта IEEE 802.16. Разработка осуществляется в соответствии с госконтрактом № 13.G25.31.0011 от 07 сентября 2010 г.

В итоге можно выделить следующие преимущества предлагаемого подхода:

- формальность и абстрактность спецификаций CTESK обеспечивает возможность применения набора тестов для тестирования некоторого класса систем, например различных реализаций одного сетевого протокола;
- автоматическое выполнение тестов позволяет выполнять регрессионное тестирование сложных систем в ходе разработки;
- тестовый стенд позволяет выполнять тестирование как по типу вход-выход, так и с учетом внутренних состояний системы;
- тестовый стенд позволяет выполнить нагрузочное тестирование модуля QoS.

Дальнейшая работа будет связана с наполнением базы тестов, а также с адаптацией технологии UniTESK для тестирования таких механизмов протокола IEEE 802.16, как качество обслуживания – QoS.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. WiMAX // Википедия свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/WiMAX, свободный.
- 2. IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems // IEEE Std 802.16-2009 (Revision of IEEE Std 802.16-2004). PP. C1-2004, May 29, 2009. doi: 10.1109/IEEESTD.2009.5062485) [Электронный документ]. Режим доступа: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5062485&isnumber=5062484, для зарегистрированных пользователей (дата обращения: 26.02.2012).
- 3. UniTESK [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://unitesk.ru/, свободный (дата обращения: 25.02.2012).

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ МОМЕНТОВ ПРИХОДА СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА

Ж.Т. Эрдынеев, студент; А.С. Вершинин, аспирант г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, erdineevZH@gmail.com

Получение информации о координатах работающих передатчиков в определённой местности является важной задачей для систем связи и радиомониторинга. Одним из способов определения координат является разностно-дальномерный метод, для которого необходимо знать время прихода сигнала [1]. В настоящей статье исследуются три метода оценки момента прихода сигнала.

В современных системах связи активно используются сложные шумоподобные сигналы, поэтому в качестве модели сигнала был выбран OFDM-сигнал [2], который в дискретном виде (во временной области) записывается как

$$s(n) = \sum_{m=0}^{N-1} A_m \exp(j\varphi_m) \exp(j2\pi m \frac{n}{N}), \quad n = \{0, 1, 2, ..., N-1\},$$

где $t = n \frac{T}{N} = \frac{n}{N\Delta f}$; n — номер дискретного отсчета времени; N — коли-

чество временных отсчетов на интервале времени T.

Первый метод — метод взаимной корреляции (Cross-Correlation (CC)) [3]. Момент прихода сигнала определяется по максимуму вза-имной корреляционной функции (ВК Φ):

$$R_{r_1r_2}(\tau) = M[r_1(t)r_2(t-\tau)],$$

где $\eta(t)$ — излученный сигнал; $r_2(t-\tau)$ — сигнал, прошедший канал распространения и задержанный на время τ ; M — взаимная корреляция.

Максимум ВКФ вычисляется по формуле

$$D_{CC} = \arg_{\tau} \max(R_{n r_2}(\tau)).$$

Второй метод — **метод фазового преобразования (Phase Transform)**. Момент прихода сигнала определяется также по максимуму ВКФ. Выражение для ВКФ выглядит следующим образом [2]:

$$R_{\eta r_2}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{G_{\eta r_2}(f)}{\left|G_{\eta r_2}(f)\right|} \cdot e^{i2\pi f \cdot \tau} df.$$

Максимум ВКФ вычисляется аналогично предыдущему способу:

$$D_{PH} = \arg_{\tau} \max(R_{n r_2}(\tau)).$$

При отсутствии шумов взаимно-корреляционная функция стремится к дельта-функции с соответствующей задержкой τ :

$$\delta(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i2\pi f \tau} df.$$

Недостаток метода заключается в высокой чувствительности к шумам.

Третий метод – метод максимального правдоподобия (Махіmum Likelihood (ML)). Данный метод дает более точную оценку за счет использования взаимной когерентности для обеспечения взвешенного влияния гармоник на корреляционную функцию. Фазы гармоник с высокой разрешением берутся с весами, близким к 1, независимо от их амплитуды. Такой подход обеспечивает высокую помехоустойчивость и чувствительность к гармоникам с малой амплитудой [4]. Выражение для ВКФ для метода максимального правдоподобия:

$$R_{n_{1}r_{2}}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{G_{r_{1}r_{2}}(f)}{|G_{r_{1}r_{2}}(f)|} \cdot \frac{|\gamma_{r_{1}r_{2}}(f)|^{2}}{1 - |\gamma_{r_{1}r_{2}}(f)|^{2}} \cdot e^{i2\pi f \cdot \tau} df,$$

[4]. Выражение для ВКФ для метода максимального правдоподооия:
$$R_{r_1r_2}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{G_{r_1r_2}(f)}{|G_{r_1r_2}(f)|} \cdot \frac{\left|\gamma_{r_1r_2}(f)\right|^2}{1 - \left|\gamma_{r_1r_2}(f)\right|^2} \cdot e^{i2\pi f \cdot \tau} df,$$
 где
$$\gamma_{r_1r_2}(f) = \frac{\left|G_{r_1r_2}(f)\right|^2}{G_{r_1r_1}(f)G_{r_2r_2}(f)} - \text{когерентность локальных участков}$$

сигналов.

ВКФ вычисляется в цифровом виде, и отсчеты не попадают в истинный максимум, поэтому необходимо выполнять аппроксимацию.

Идея метода аппроксимации заключается в том, что точки вблизи максимума или минимума функции аппроксимируются параболой.



Рис. 1. Аппроксимация точек

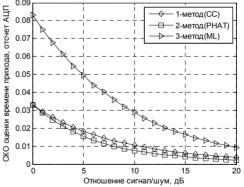


Рис. 2. Зависимость СКО оценки момента прихода сигнала от отношения сигнал/шум

Используются максимум в точке попадания отсчета и две смежные точки, вычисляется производная между этими точками и через полученные точки проводится прямая. Приравнивая уравнение прямой к нулю, найдем экстремум параболы, в котором содержится информация о положении истинного максимума (рис. 1).

Для всех рассмотренных методов было проведено моделирование. Зависимость среднеквадратической ошибки оценки момента прихода сигнала от отношения сигнал/шум представлена на рис. 2.

Рассмотренные методы оценки момента прихода активно применяются в настоящее время в радиолокационных, спутниковых системах определения местоположения объекта. По результатам моделирования видно, что метод фазового преобразования (Phase Transform) обеспечивает более точную оценку по сравнению с другими методами.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Дудко Б.П. Радионавигация: учеб. пособие. Томск: ТУСУР, 2003. 159 с.
- 2. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: учеб. пособие. М.: Эко-Трендз, 2005. 392 с.
- 3. Yushi Zhang, Waleed H. Abdulla. A Comparative study of Time-Delay Estimation Techniques Using Microphone Arrays. Department of Electrical Engineering. The University of Auckland. New Zealand, 2005.
- 4. Кузьмин С.В. Инвариантное к масштабу определение задержек между двумя одномерными цифровыми сигналами // Информационные технологии. Т. 9, №2. 2011.

ОПТИМИЗАЦИЯ НАСТРОЕК ПРОТОКОЛА ТСР

А.П. Филимонов, аспирант каф. ТОР

г. Томск, ТУСУР, fersj@mail.ru

В каналах, где нужна гарантия доставки, применяют протокол TCP. Успешной доставке пакета препятствуют различие параметров сетей на пути следования пакета, работа агрессивных соединений, действия злоумышленников, плохое качество канала связи. Если скорость канала ниже 2/3 заявленной провайдером, то для оптимального использования ресурса требуется внести ряд изменений в настройки протокола TCP.

Прежде чем вносить изменения в настройки протокола, необходимо убедиться, что проблема в сети, для этого используем статистику ошибочных и повторно переданных пакетов [2].

Подбираем размер пакетов (MTU)

MTU (Maximum Transmission Unit) — размер IP-пакета, отправляемого в сеть, состоит из пакетов TCP и 40 байт заголовка. Размер TCP пакетов определяет параметр MSS (Maximum Segment Size). Он имеет стандартное значение для всех сетевых устройств, поэтому менять его не следует.

Параметр MTU задает наибольший возможный размер отправляемого IP-пакета (вместе с заголовком). Чем больше MTU, тем ниже накладные расходы на передачу служебной информации, а значит, выше КПД канала. Дабы в MTU не было пустот-заполнений, размер необходимо подбирать по следующей формуле (1):

$$MTU = N * MSS + 40 [байт], \tag{1}$$

где N — целое положительное число.

Увеличение МТU для увеличения скорости — самый распространенный совет на просторах сети. Увеличиваем МТU до предела и... скорость передачи падает до нуля. Причина в том, что с ростом размера пакетов увеличивается и время, необходимое для их повторной передачи в том случае, если пакет потерян или искажен. К тому же промежуточные узлы имеют свои собственные настройки, и если размер передаваемого пакета превышает МТU текущего маршрутизатора, пакет разрезается на два или более пакетов (т.е. фрагментируется) и эти фрагменты собираются воедино только на узле-приемнике, в результате чего пропускная способность уменьшается. В результате зависимость скорости передачи от размера представляет пилообразную кривую (рис. 1). Другими словами, МТU должно быть кратно (либо немного меньше) МТU промежуточных сетевых устройств.

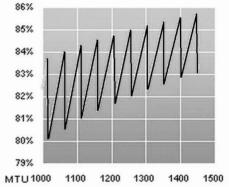


Рис. 1. Зависимость скорости передачи данных от размера МТU [1]

http://member.nifty.ne.jp/oso/faq/mtu-faq.html

Настройка «окон» TCP (Receive window, transmit window)

Окном ТСР называют размер буфера, данные из которого после заполнения идут к получателю. Очень важно, чтобы буфер принимающей машины был не меньше буфера передающей, т.к. ТСР согласовывает размер буфера с меньшим из двух. Также желательно установить размер буфера кратным МТU. Оптимальное значение определяют по формуле (2).

$$Buffer_Size \le RTT * BandWidth, \tag{2}$$

где BandWidth – ширина выделяемого канала [байт/с]; RTT (Round Trip Time) – время от отправки пакета до получения подтверждения доставки [с].

Перенастройка размера буфера слабо повлияет на производительность в низкоскоростных сетях, например в модемной сети [3].

Если клиенты локальной сети работают через Proxy-сервер, то для достижения максимальной производительности достаточно изменить размер TCP-окна непосредственно на самом сервере.

При работе же через NAT-сети необходимо настроить TCP-окно на каждой рабочей станции, подключенной к локальной сети [1].

Медленный старт и выборочное подтверждение

Для предотвращения перегрузок сети в протокол ТСР был введен так называемый «медленный старт» (slow start), подробно описанный в RFC 1122 и RFC 2581. При создании нового TCP/IP-соединения система устанавливает размер окна, равный одному сегменту МТИ. После получения подтверждения успешной передачи размер окна увеличивается вдвое, и так продолжается вплоть до достижения максимально возможного размера [2].

Экспоненциальный рост ширины окна занимает совсем немного времени при передачи огромных файлов, но при установке множества ТСР/ІР-соединений (характерных, например, для браузеров), обменивающихся крошечными порциями данных (классический пример – Web-сервер), медленный старт заметно снижает эффективность широких каналов, кроме того, даже при кратковременной перегрузке сети система сбрасывает размер окна в единицу, в результате чего график скорости передачи из стабильной прямой становится непрерывной последовательностью подъемов и резких спадов.

Непосредственно отключить «медленный старт» штатными средствами Windows (не прибегая к патчу ядра) нельзя, однако если задействовать SACK-алгоритм (Selective Acknowledgement — выборочное подтверждение, одно из расширений TCP-протокола, описанное в RFC 2018 [4]), «медленный старт» перестанет включаться при потере пары сегментов.

Выборочное подтверждение передачи позволяет осуществлять повторную передачу неподтвержденных сегментов в одном окне (при неактивном SACK'е потерянные сегменты передаются один за другим в индивидуальном порядке). Другими словами, узел «А» повторно передает узлу «В» только реально потерянные сегменты, а не весь блок, в состав которого входят и успешно принятые пакеты. Очевидно, что максимальный прирост производительности будет наблюдаться на нестабильных каналах связи, регулярно теряющих пакеты [1].

Заключение

Здесь изложены наиболее весомые настройки, позволяющие увеличить производительность работы ТСР-протокола.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Касперский К. Тонкие настройки параметров TCP/IP под толстые каналы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.insidepro.com/kk/181/181r.shtml, свободный.
- 2. Brian Tierney (пер. Войнович А.). Тонкая настройка TCP [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.securitylab.ru/analytics/243414.php, свободный
- 3. TCP/IP and NBT configuration parameters for Windows XP [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://support.microsoft.com/kb/314053, свободный.
- Microsoft Windows 2000 TCP/IP Implementation Details [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb726981.aspx, свободный.

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНЫХ AD HOC CETЯХ

Д.И. Иовлев, студент каф. АСУ

Научный руководитель И.В. Бойченко, доцент каф. АСУ, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, prodenx@t-sk.ru

Беспроводные самоорганизующиеся сети (другие названия: беспроводные аd hoc сети, беспроводные динамические сети) – это децентрализованные сети, не имеющие постоянной структуры. Клиентские устройства соединяются «на лету», образуя собой сеть произвольной топологии в каждый отдельный момент времени. Каждый узел сети пытается переслать данные, предназначенные другим узлам. При этом определение того, какому узлу пересылать данные, производится динамически, на основании связности сети. Это является отличием от проводных сетей и управляемых беспроводных сетей, в которых задачу управления потоками данных выполняют маршрутизаторы (в проводных сетях) или точки доступа (в управляемых беспроводных сетях). Одной из разновидностей таких сетей является МАNET.

MANET (Mobile Ad hoc Network) [1] – беспроводные децентрализованные самоорганизующиеся сети, состоящие из мобильных устройств. Каждое такое устройство может независимо передвигаться в любых направлениях, и, как следствие, часто разрывать и устанавливать соединения с соседями.

Сети MANET востребованы в таких приложениях, как районы стихийных бедствий, места с отсутствием стационарной инфраструктуры связи, боевые действия.

Для беспроводных сетей с произвольной топологией выдвигаются следующие требования:

- возможность передачи данных на большие расстояния без увеличения мощности передатчика;
 - устойчивость к изменениям в инфраструктуре сети;
- возможность быстрой реконфигурации в условиях неблагоприятной электромагнитной обстановки;
 - простота и высокая скорость развертывания;
 - наличие сервиса передачи данных на основе пакетной коммутации.

Однако при реализации такой технологии сетей возникает ряд проблем: обеспечение помехоустойчивости; обеспечение эффективности, безопасности и надежности передачи данных; общая пропускная способность сетей; эффективность применяемых методов маршрутизации.

В частности, нас интересует проблема, связанная с эффективностью и надежностью передачи данных. В связи с особенностями реализации необходимо переработать или разработать заново протокол транспортного уровня, который обеспечивает сервис надежной и эффективной передачи данных на основе пакетной коммутации. Протокол ТСР из стека TСР/IP является наиболее широко распространенной реализацией такого сервиса.

TCP B MANET

Хорошо известно, что Transmission Control Protocol (TCP) [2] предназначен для обеспечения надежной доставки данных в традиционной проводной сети, такой как Ethernet и др. Из-за своей популярности ТСР используют в мобильных беспроводных сетях. В нем надежная доставка осуществляется путем ретрансляции потерянных пакетов.

- В [3–5] показано, что алгоритмы управления передачей данных, представленные в протоколе TCP, не эффективны в сетях MANET по следующим причинам:
- высокий уровень ошибок, конфликтов и коллизий на канальном и физическом уровнях;
 - возможность кратковременного разрыва соединения;
- применение многонаправленной (от англ. multi-path) маршрутизации;
 - требование обеспечения энергоэффективности.

В настоящее время уже существует решение данных проблем – специализированные транспортные протоколы, полученные как путем модификации ТСР, так и разработанные «с нуля». Можно выделить два класса протоколов: ТСР с обратной связью (ТСР-F, TСР-ELFN, ATCP), ТСР без обратной связи (ТСР-Fixed-RTO, TСР-DOOR, TPA,

ATP, ITP) [5]. В первом классе используется механизм обратной связи, который усложняет реализацию протокола и добавляет новые проблемы. Во второй группе новшества связаны с модификацией самого TCP, что усложняет работу и реализацию протокола.

Поэтому нами был разработан новый алгоритм управления передачей данных в сетях MANET. Алгоритм предоставляет возможность регулирования скорости передачи данных в зависимости от нагрузки.

Описание алгоритма управления скоростью передачи

Вначале, после установления соединения, пакеты отправляются через определенный временной интервал (значение должно задаваться). Размер пакетов устанавливается равным пропускной способности канала. Для каждого отосланного пакета отправитель ждет acknowledgment (сообщение, подтверждающее доставку пакета) (сокр. АСК) от получателя. Если АСК приходят в том порядке, в котором пакеты были отосланы, то отправитель продолжает слать пакеты в том же режиме. Если подтверждение для пакета не пришло, то он ставится на пересылку вне очереди. Если не получено подряд несколько подтверждений для пакетов или от протокола нижележащего уровня получено сообщение о потере связи с получателем, то протокол производит реорганизацию соединения или начинает слать оставшиеся пакеты через другой маршрут.

Протокол динамически контролирует скорость передачи данных, а пакеты формируются в зависимости от этой скорости. В каждый пакет подтверждения доставки (АСК) получатель включает информацию о своей пропускной способности. Она определяется из скорости передачи пакета до транспортного уровня получателя и, если пакет предназначен не для него, - скорости, с которой может принимать пакеты следующий узел маршрута. Это позволит понять, насколько быстрее/медленнее протокол получателя обрабатывает данные, чем отправитель передает их. Если скорость передачи выше скорости обработки данных, отправитель не меняет скорость до тех пор, пока нет угрозы заполнения наполовину буфера протокола получателя. При каждом получении пакета подтверждения протокол отправителя, учитывая размеры переданных пакетов после пакета, для которого получено подтверждение, определяет, возникла ли данная угроза. В случае ее появления протокол отправителя начинает снижать скорость передачи с учетом того, что, когда скорость передачи данных и их обработки выровняется, буфер протокола приемника будет заполнен наполовину. Как только скорость обработки данных начинает расти, протокол начинает выравнивать с ней свою скорость передачи. Буфер заполняется не до конца с целью обеспечения пространства для реагирования на понижение/повышение пропускной способности получателя.

Заключение

Предполагается, что предложенный алгоритм будет реализован в составе стека протоколов MANET, разрабатываемого компанией ООО «Микран». В настоящее время продолжается исследование свойств алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. MANET [Электронный ресурс]: статья содержит описание беспроводных мобильных самоорганизующихся сетей. Электрон. дан. Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/MANET. Загл. с экрана.
- 2. RFC: 793 TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL [Электронный ресурс]: документ содержит спецификацию протокола TCP. Электрон. дан. California, [1981]. Режим доступа: http://rfc.com.ru/rfc793.htm. Загл. с экрана.
- 3. Balakrishnan H., Padmanabhan V., Seshan S. and Katz R. A comparison of mechanisms for improving TCP performance over wireless links // ACM SIGCOMM'96, Aug. 1996.
- 4. Gerla M., Bagrodia R., Zhang L., Tang K., and Wang L. TCP over wireless multihop protocols: simulation and experiments. IEEE ICC'99. Vancouver. Canada. 1999. Jun.
- 5. Xiang Chen, Hongqiang Zhai, Jianfeng Wang and Yuguang Fang. TCP Performance over Mobile Ad Hoc Networks [Электронный ресурс]: содержит описание и решение проблем использования TCP в MANET. Электрон. дан. Режим доступа: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1425806. Загл. с экрана.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ

С.В. Козлов, преп. каф. информатики и вычислительной техники г. Орёл, академия ФСО, kozlov sv@mail.ru

Устойчивость работы телекоммуникационной сети (ТС) является важнейшим фактором сохранения качества обслуживания информационных потоков в условиях дестабилизирующих воздействий на сеть. В структурном плане устойчивость определяет способность ТС сохранять целостность сетевой структуры и обеспечивается путем резервирования ее отдельных составляющих. В функциональном плане устойчивость характеризует способность сохранять потоковую структуру на уровне требуемой пропускной способности во всех информационных направлениях. Для обеспечения функциональной устойчивости в качестве резерва задействуется совокупный ресурс пропускной способности сети, что позволяет сэкономить на резерве ее элементов. Степень

устойчивости ТС, таким образом, можно определить через эффективность использования ее ресурса пропускной способности. Применение в ТС таких технологий, как MPLS, RSVP, VPN, позволяет в настоящее время лишь частично удовлетворить требования к устойчивости ее потоковой структуры. Положенные в их основу модели обеспечения гарантированного качества обслуживания потоков (DiffServ, IntServ, канальная и потоковая модели в VPN) обладают известными недостатками [1]. Важно отметить, что эти недостатки вытекают из следующего противоречия: обеспечение высоких требований к качеству обслуживания достигается лишь ценой неэффективного использования ресурсов ТС, и наоборот, стремление к повышению эффективности использования ресурсов приводит к снижению качества обслуживания вплоть до невозможности гарантировать заданный уровень качества.

Другой важной особенностью данных моделей является также и то, что задачи ввода потоков в сеть, маршрутизации, резервирования ресурсов и управления потоками при повреждениях решаются независимо друг от друга. Вследствие этого они не могут эффективно адаптировать ТС к таким факторам, как нестационарность входящего трафика, отказы в обслуживании из-за перегрузок в сети, ненадежность линий связи ТС.

Для разрешения указанных противоречий в настоящее время активно разрабатываются и внедряются методы инжиниринга трафика (Traffic Engineering, TE) [1]. В основе методов ТЕ лежит постановка и решение задачи оптимизации многопродуктового потокового графа (МПГ). В общем виде процесс стабилизации состояния ТС можно представить в виде схемы, изображенной на рис. 1.

Такая задача стабилизации формулируется как нелинейная однокритериальная задача оптимизации выпуклой функции на выпуклом множестве допустимых распределений потоков. В основе известных методов ТЕ лежит оптимизация по критерию минимума среднесетевой задержки пакетов в сети [1]. Однако подход, основанный на минимуме среднесетевой задержки, не позволяет гарантировать качество обслуживания, так как он направлен, прежде всего, на достижение благоприятных условий функционирования сети, когда сеть загружена равномерно и отсутствуют перегрузки. Индивидуальные требования к качеству обслуживания в информационных направлениях при этом либо не учитываются, либо учитываются косвенно с использованием механизма приоритетов в обслуживании, чего явно недостаточно.

Более продуктивным, по мнению автора, целесообразно считать подход, основанный на двухэтапной многокритериальной оптимизации МПГ, где в качестве критериев рассматривается максимизация степени достижения требований к качеству обслуживания по каждому

информационному направлению [2]. При этом критерий оптимизации предлагается представить в виде (1).



Рис. 1. Схема процесса стабилизации состояния ТС

$$\overline{G}^* = \underset{\overline{G} \in \{\overline{G_0}\}}{\operatorname{arg\,min}} \{F_S(\overline{G})\}, \qquad (1)$$

где
$$\left\{\overline{G_0}\right\} = \left\{\overline{G}\left|\max_{\left\{g_j^{(i)}, j \in L^{(i)}\right\}} \min_{i \in M} \left(\frac{z_i}{d_i}\right)\right\}; \ F_S\left(\overline{G}\right) = \sum_{k \in E} \gamma_k \left(\sum_{i \in M} \sum_{l \in L^{(i)}} f_{lk}^{(i)}\right) - \text{функ-}$$

ция стоимости транспортировки информационных потоков.

Существенной особенностью рассматриваемого подхода является многокритериальная постановка задачи оптимизации. Причем для ее решения требуется сперва найти множество парето-оптимальных конкурентных распределений потоков. Затем вводится более сильный критерий, учитывающий метрику путей передачи информационных потоков, и находится оптимальное решение задачи [3].

Заключение

Недостатком такого подхода является невысокая эффективность использования ресурса, усугубляющаяся при увеличении количества потоков. Поэтому они не нашли широкого применения в сетях общего пользования [3]. Однако, по мнению автора, их применение может быть оправдано в корпоративных и ведомственных ТС, в которых ко-

личество потоков относительно невелико, а качество обслуживания должно быть гарантированным.

Автором разработан и обоснован распределенный алгоритм оптимизации МПГ по рассмотренному критерию, имеющий полиномиальную сложность. Доказана сходимость предложенного алгоритма. Для этого была разработана его теоретико-игровая модель, на основе которой доказаны существование и единственность точки равновесия Нэша. Полученные выводы были проверены экспериментально с использованием программной реализации разработанного алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. He J., Suchara M., Bresler M., Rexford J. and Chiang M. Rethinking Internet traffic management: From multiple decompositions to a practical protocol # Proc. CoNEXT. 2007. Dec.
- 2. Малашенко Ю.Е., Новикова Н.М. Модели неопределенности в многопользовательских сетях. М.: Эдиториал УРСС, 1999. 160 с.
- 3. Козлов С.В. Распределение потоков реального времени в телекоммуникационной сети на основе суперконкурентного резервирования ресурсов // Информационные технологии моделирования и управления. Воронеж: Научная книга, 2010. № 1 (60).

FILTER BANK MULTICARRIER МОДУЛЯТОР

К.В. Балашова, студентка; Н.А. Лобанов, аспирант; Д.А. Долгих, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. TOP, LobanovNA@sibmail.com

В настоящее время в системах связи 3G и 4G, цифровом телевидении (DVB) наиболее распространенной технологией передачи данных является мультиплексирование (уплотнение) с ортогональным частотным разделением (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [1]. Однако в системах с OFDM есть несколько недостатков. Первый из них – это необходимость использования циклического префикса для борьбы с межсимвольной интерференцией. Второй – плохие фильтрующие свойства быстрого преобразования Фурье (FFT). Первый боковой лепесток фильтра-прототипа в ОГОМ имеет спад всего в 13 дБ. Чтобы выполнить требования на маску спектра, необходимо использовать защитные поднесущие (нулевые поднесущие) в начале и конце спектра. Соответственно особую актуальность приобретает задача разработки системы передачи, исключающей приведённые выше недостатки. Таковой является технология с множеством несущих, использующая банк фильтров FBMC (Filter bank multicarrier) [2-7]. В данной статье будут рассмотрены основы построения FBMC модулятора.

Filter bank multicarrier

В основе технологии FBMC лежит применение фильтра-прототипа с хорошей частотно-временной локализацией. Для уменьшения внеполосовых пульсаций необходимо увеличить количество отчетов в частотной или временной области для возможности управления коэффициентом передачи фильтра и формой импульса соответственно.

Схема FBMC может быть получена из обычного OFDM путем увеличения длины IFFT и FFT. В OFDM элемент данных поступает с выхода модулятора на один из входов IFFT, таким образом модулируя одну поднесущую. В FBMC элемент данных «растягивается» по поднесущим, после полученные поднесущие перемножаются с коэффициентами фильтра-прототипа и поступают на 2K-1 входов IFFT с индексами (n-1)K+1...(n-1)K+1 (рис. 1).

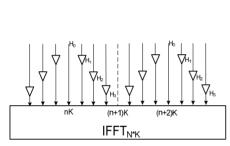


Рис. 1. FBMC передатчик с фильтрацией в частотной области

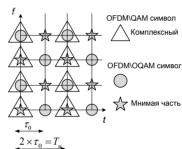


Рис. 2. Структура FBMC\OQAM сигнала в частотно-временном представлении

После процедуры фильтрации длительность символа увеличивается в K раз, чтоб сохранить прежнюю скорость передачи, K последовательных символа с выхода IFFT перекрываются во временной области, поэтому коэффициент K называют коэффициентом перекрытия. При создании FBMC передатчика с фильтрацией в частотной области происходит значительное увеличение вычислительных затрат по сравнению с обычным OFDM за счет увеличения размерности IFFT (K раз). Избыточность в вычислении можно сократить, используя фильтрацию во временной области с применением полифазного фильтра.

OQAM-модуляция

В системе FBMC может быть использована любая модуляция, если соседние поднесущие не перекрываются. Можно использовать для передачи только четные или нечетные поднесущие, тогда QAM-модуляция возможна. При использовании всех поднесущих необходима применять OQAM-модуляцию. Суть модуляции заключается в том,

что мнимая и действительная части не передаются одновременно, они сдвинуты на половину длительности символа относительно друг друга, поэтому и приставка Offset (сдвиг). Суть модуляции и алгоритма формирования легко понять, представив передаваемые сигналы в частотно-временной плоскости, показанной на рис. 2 [5], где T_u — длительность OFDM-символа, τ_0 — длительность FBMC\OQAM-символа равная T_u /2. Из рисунка видно, что реальная и мнимая части не передаются одновременно как во временной области, так и в частотной. Следовательно, поднесущие в частотной области и получаемые символы во временной ортогональны между собой. Поэтому полученные соседние FBMC\OQAM-символы, перекрывающиеся во временной области, вследствии их ортогональности могут быть разделены на приемной стороне. Структурная схема полученного FBMC\OQAM-модулятора приведена на рис. 3.

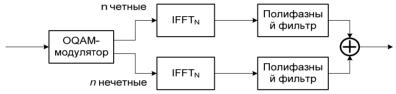


Рис. 3. FBMC\OQAM передатчик

Было проведено моделирование в среде Matlab. Проведено сравнение спектров OFDM- и FBMC-сигналов (см. рис. 4.). Используемый тип модуляции 4-QAM, количество поднесущих 256, количество информационных поднесущих 200. Из рис. 4 видно, что FBMC\OQAM-сигнал обладает намного меньшим внеполосовым излучением, чем

обычный OFDM.

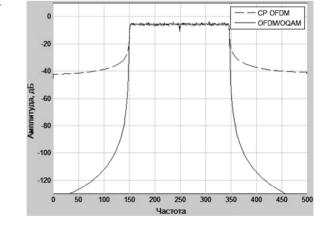


Рис. 4. Спектр сигнала OFDM и FBMC

Благодаря этому нет необходимости в применении защитных поднесущих. Также нет необходимости и в использовании циклического префикса, вследствие перекрытия соседних символов. Однако из-за дополнительной обработки возрастает требуемая вычислительная мощность. Можно сделать вывод, что FBMC\OQAM является перспективной технологией передачи данных.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Ye Li. Orthogonal Frequency Division Multiplexing for Wireless Communications / Li Ye, L. Gordon, G. Stuber. NY: Springer, 1 ed., Feb 7. 2006. 308 p.
- 2. Bellanger M.G. FBMC physical layer: a primer / M.G. Bellanger et al. January, 2010.
- 3. Bölcskei H. Orthogonal Frequency Division Multiplexing Based on Offset QAM Helmut Bolcskoi / H. Bölcskei, J. Du, S. Signell. Classic OFDM-Systems and Pulse Shaping OFDM/OQAM Systems. Stockholm. Sweden. February, 2007.
- 4. Pupolin S., Assalini A., Matteo T. Windowed / Shaped OFDM and OFDM-OQAM: Alternative Multicarrier Modulations for Wireless Applications. T. Matteo Padova. 24 oct. 2005.
- Bölcskei H, Duhamel P., Hleiss R. Design of pulse shaping OFDM/OQAM systems for high data-rate transmission over wireless channels. Vienna, Austria; Paris. France.
- 6. Koll'ar Zs., P'eceli G. Iterative Decision Feedback Equalization for Filter Bank Multicarrier Systems / Zs. Koll'ar, G. P'eceli, Department of Measurement and Information Systems Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.
- 7. Polyphase filter / Farrows interpolation [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.dsprelated.com/showarticle/22.php, свободный (дата обращения: 20.01.2012).

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИХОДА СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ СВЯЗИ

Г.О. Манохин, студент; Д.Ю. Майков, аспирант г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, life.airever@gmail.com

Целью данной статьи является сравнение эффективности основных методов оценки угла прихода сигналов (УПС) для эквидистантной линейной антенной решётки (АР), состоящей из 4 приёмных изотропных элементов.

Исследованы методы Capon, Root MUSIC, ESPRIT. Получены зависимости точности оценки УПС от отношения сигнал/шум (ОСШ), количества сигналов и разноса сигналов по углу в случае AP из 4 при-ёмных изотропных элементов.

Основные проблемы, которые появляются при использовании AP с малым количеством элементов, — это низкая разрешающая способность по углу, относительно сильная зависимость оценки УПС от ОСШ и ограниченное число определяемых источников сигнала.

На рис. 1 представлена эквидистантная линейная AP, в которой m – это число элементов, d – расстояние между элементами AP.

На AP поступает M узкополосных сигналов (в модели это OFDM символы), каждый с разного направления:

$$\mathbf{U}_{m \times K} = \mathbf{A}_{m \times M} \times \mathbf{S}_{M \times K} + \mathbf{W}_{m \times K}$$
, (1) где $\mathbf{A} = [\mathbf{a}(\theta_1), \mathbf{a}(\theta_2), \dots \mathbf{a}(\theta_M)]$ — матрица направляющих векторов размером $m \times M$; $\mathbf{a}(\theta) = [1, e^{-j\phi}, \dots e^{-j(m-1)\phi}]^T$ — направляющий

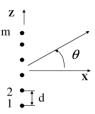


Рис. 1. Схема эквидистантной линейной AP

вектор, в котором ϕ показывает изменение фазы от элемента к элементу, первый из которых опорный [1]; $\mathbf{S} = [s(1), ...s(K)]$ — это матрица значений сигналов размером $M \times K$; K — количество выборок; \mathbf{W} — это матрица шумов приёмной аппаратуры (белый гауссовский шум) размером $m \times K$.

Предполагая, что сигналы не коррелированы, можно найти сигнальную корреляционную матрицу \mathbf{R} (квадратная, ранга m) [1]. На практике сигнальную корреляционную матрицу оценивают несколько раз (берут K выборок). С учётом усреднения сигнальная корреляционная матрица может быть записана:

$$\mathbf{R} = \mathbf{U} \times \mathbf{U}^H / K, \tag{2}$$

где H – эрмитово сопряжение.

Метод минимизации дисперсии искажения характеристик сигнала (метод Capon'a). Метод позволяет уменьшить влияние помех на характеристики сигнала за счёт минимизации мощности, сохраняя при этом выигрыш по направлению сигнала [1]

$$\min = \mathbf{w}^H \mathbf{R} \mathbf{w} \tag{3}$$

так, что $\mathbf{w}^H \mathbf{A}(\theta) = 1$. Тогда решение

$$\mathbf{w}(\theta) = \frac{\mathbf{R}^{-1} \mathbf{A}(\theta)}{\mathbf{A}(\theta)^{H} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{A}(\theta)}.$$
 (4)

Результатом работы метода является зависимость средней мощности сигнала от УПС (рис. 2), которая представляется в виде [1]

$$E\left\{\left|\mathbf{w}(\theta)^{H}\mathbf{s}(K)\right|^{2}\right\} = P_{Capon}(\theta) = 1/\mathbf{A}(\theta)^{H}\mathbf{R}^{-1}\mathbf{A}(\theta).$$
 (5)

Точность метода Capon'а зависит от величины шага по углу. Для использования метода на практике необходимо присутствие оператора или алгоритма, его заменяющего, который будет принимать решение о количестве сигналов и направлениях их прихода.

Metog Root MUSIC решает проблемы метода Capon'а, но он точен на столько, насколько точна сама модель сигнала, т.е. модель адекватная для эквидистантной линейной AP, не работает при использовании круговой или сцепленной AP [2].

Последовательность реализации алгоритма Root MUSIC [2]: Оценить корреляционную матрицу ${\bf R}$ по формуле (2). Сформировать матрицу собственных векторов ${\bf Q}$ корреляционной матрицы ${\bf R}$. Выделить из ${\bf Q}$ матрицу собственных векторов ${\bf Q}_n$, соответствующую $(M\!-\!m)$ наименьшим собственным значениям ${\bf Q}$, которая охватывает шумовое подпространство. Вычислить матрицу

 $\mathbf{C} = \mathbf{Q}_n \times \mathbf{Q}_n^H \ . \tag{6}.$

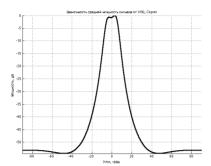
Получить полином путём суммирования элементов каждой диагонали матрицы ${\bf C}$. Найти его корни в количестве (m-1) пар. Из (m-1) корней внутри единичной окружности, выбрать M расположенных наиболее близко к линии единичной окружности $(z_i\,,\,i=1,\,\ldots\,M)$. Оценить угол по формуле:

$$\theta_i = \cos^{-1} \left[\frac{j \ln z_i}{kd} \right]. \tag{7}$$

Метод ESPRIT (оценка параметров сигнала с использованием техник инвариантного вращения) основывается на разбиении AP на группы с одинаковым числом элементов в каждой. Более точное описание физических основ метода можно найти в [3].

Последовательность реализации алгоритма ESPRIT. Оценка корреляционной матрицы ${\bf R}$ по формуле (2) позволяет сформировать матрицу собственных векторов ${\bf Q}$. Матрицы ${\bf Q}_1$ и ${\bf Q}_2$, полученные из ${\bf Q}_s$ (матрица собственных векторов, полученная из ${\bf Q}$) по правилу из [3], позволяют создать новую матрицу ${\bf E} = [{\bf Q}_1, {\bf Q}_2]$. Сформировать матрицу ${\bf V}$ [3]. Использовать метод полных наименьших квадратов [3]. Оценить УПС по формуле (7).

При наличии одного источника сигнала все методы показали примерно одинаковую точность. В случае прихода на AP сигналов с близко расположенных источников (порядка 10°) метод Сароп'а достигает пределов своей разрешающей способности (рис. 2, ОСШ 20 дБ). В свою очередь методы Root MUSIC и ESPRIT позволяют производить оценку УПС с меньшей точностью (рис. 3).



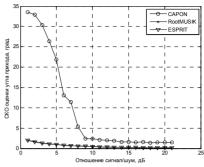


Рис. 2. Зависимость средней мощности сигнала от УПС. Источники разнесены примерно на 10°

Рис. 3. Зависимость СКО оценки УПС от ОСШ. Источники разнесены на 10°

Проект ГПО TOP-1102 – «Многоканальная обработка сигналов в радиосистемах».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Al-Nuaimi M.A., Shubair R.M., Al-Midfa K.O. Direction of arrival estimation in wireless mobile communications using minimum veriancedistorsionless-respons // Etisalat University College, P.O. Box: 573, Sharjah, U.A.E.
- 2. DirectionofArrivalEstimation [Электронный ресурс]. URL: http://www.comm.utoronto.ca/~rsadve/Notes/DOA.pdf (дата обращения: 07.02.2012).
- 3. Kareem A. Modified uca-esprit and modified uca-root-music for estimating doa of coherent signals using one snapshot // Al Jabr Bachelor of Computer Engineering, Ajman University of Science and Technology, 2005.

КОММУТАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ РЕАЛИЗАЦИИ ОБМЕНА ДАННЫМИ ПО ПРОТОКОЛУ GOOSE (ГОСТ Р МЭК 61850)

В.А. Онуфриев, студент каф. КСУП;

А.А. Зоркальцев, руководитель ГРКИ, ЗАО «ЭлеСи»

г. Томск, ТУСУР, КСУП, ovavadim@gmail.com

Сегодня микропроцессорная техника постепенно все больше входит во все сферы жизни человека. Исключением не стала и электроэнергетика.

При этом энергообъекты все больше работают в мировом масштабе и требуют гибких, перспективных систем для соответствия меняющимся требованиям, основным принципам и технологиям.

В России Федеральной сетевой компанией было принято положение, согласно которому оборудование электроэнергетических станций должно быть подготовлено к переходу на стандарт ГОСТ Р МЭК 61850. Однако, из-за сложности реализации самого стандарта на сегодняшний момент в России нет соответствующего оборудования для его реализации. А полная замена всего оборудования на импортные будет слишком материально затратна.

По этой причине рынок нуждается в ПО и устройствах, реализующих обмен данными по этому стандарту.

Общая схема взаимодействия оборудования по МЭК 61850 показана на рис. 1.



Рис. 1. Схема взаимодействия по МЭК 61850

Взаимодействие всех узлов аппаратуры электроэнергетических подстанций на всех уровнях регламентировано этим документом, что отражено на рис. 1.

В тендерной документации, технических заданиях и иных документах достаточно часто приходится видеть требование о необходимости поддержки протоколов стандарта МЭК 61850 в устройствах релейной защиты и автоматики для распределительных сетей, и подчас невыполнение этих требований грозит отказом в приобретении оборудования по причине формального несоответствия.

Модуль расширения функциональности

Так как оборудование автоматизации на подстанциях чаще всего имеет модульное исполнение, то предполагается создать коммуникационный модуль, расширяющий возможности оборудования и позволяющий функционировать по стандарту МЭК 61850.

Программное обеспечение данного модуля должно реализовывать:

- взаимодействие модуля с Системным ПО программируемого логического контроллера;
 - осуществление обмена данными по стандарту МЭК 61850;
 - диагностика работы промышленной сети.

Специфика стандарта такова, что подтверждение получения данных адресатами фактически отсутствует. По этой причине важно выявлять:

- нарушение целостности пакетов;
- длительные интервалы между доставками.

Предполагаемый состав можно представить в виде 3 составляющих:

- СПО устройства. Фактически является интерфейсом между ПЛК и разрабатываемым модулем. Через СПО осуществляется управление и контроль работы устройства;
- модуль управления выступает связующим звеном между СПО и модулем преобразования данных для передачи по сети и обратно на ПЛК;
- модуль передачи МЭК 61850. Непосредственная работа с сетью, формирование кадров и их распаковка.

Задача ПО модуля заключается, как было показано выше, в преобразовании передаваемых и принимаемых данных по стандарту. Эти процессы, как можно увидеть, должны идти в соответствии со стандартами передачи и надежности.

Основными достоинствами систем, построенных на базе протокола МЭК 61850, являются:

- применение резервируемой архитектуры коммуникаций для передачи данных;
- высокоскоростной обмен данными между устройствами полевого уровня в обход коммуникационных контроллеров (GOOSE);
 - обмен данными на скоростях 100 Мб/с и выше;
- повышение надежности за счет функций встроенной диагностики терминалов и каналов связи;
- свободный обмен информацией между ИЭУ различных производителей;

– возможность подключения неограниченного количества устройств, используя одну систему коммуникаций (количество будет ограничиваться только пропускной способностью).

Належность системы обеспечивается:

- возможностью резервирования всех компонентов, в том числе и систем коммуникаций;
- встроенной системой мониторинга и диагностики компонентов системы

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Положение о технической политике OAO «ФСК ЕЭС» [Электронный ресурс]. URL: http://www.fsk-ees.ru/media/File/evolution_technology/techpolicy1.pdf
- 2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 [Электронный ресурс]. URL: http://www.gosthelp.ru/gost/gost2011.html

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСУ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ

А.В. Пуговкин, проф., д.т.н.; Н.И. Муслимова, инженер; Е.А. Лыскова, Д.П. Сапрыкина, студентки Научный руководитель А.В. Пуговкин, д.т.н. г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, Disha8@yandex.ru

При разработке автоматизированной системы мониторинга и управления теплоснабжением зданий необходимо знать количество информации, передаваемой от температурных датчиков к системе обработки информации. В разрабатываемой нами системе применяются два режима: режим определения параметров (калибровки) и режим измерений. Наиболее скоростным является первый режим. Для нахождения временных и спектральных характеристик сигналов был проведен эксперимент, в котором помещение приводилось в неравновесный режим:

- 1. Воздух и стены помещения охлаждались за счет притока холодного воздуха из внешней среды (открытие створки окна), за счет инерционности ограждений охлаждение стен было медленнее, чем охлаждение воздуха.
- 2. Перекрывалась подача тепла к батарее, при этом температура батареи падала по экспоненциальному закону.

Из этих двух процессов наиболее быстрым является второй.

Типичное поведение температуры батареи приведено на рис. 1.

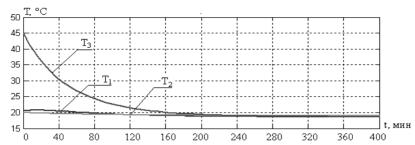


Рис. 1. Зависимости температуры воздуха помещения T_1 (°C), температуры ограждений помещения T_2 (°C) и температуры отопительного прибора T_3 (°C) от времени (мин) при отключении системы отопительных приборов

Время остывания батареи по уровню 0,1 от максимального значения составило 40 мин. Для нахождения скорости генерации информационных отсчетов воспользуемся теоремой Котельникова. Для этого найдем спектр сигнала и верхнюю граничную частоту и получим время дискретизации.

Теорема Котельникова выглядит следующим образом: непрерывный сигнал s(t) с ограниченным спектром можно точно восстановить (интерполировать) по его отсчетам $s(k\Delta t)$, взятым через интервалы

$$\Delta t \leq \frac{1}{2F_{\scriptscriptstyle \rm B}}$$
 , где $F_{\scriptscriptstyle \rm B}$ – верхняя частота спектра сигнала.

Для того чтобы найти частоту $F_{\rm B}$, найдем спектр сигнала, для этого воспользуемся преобразованием Фурье:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) \cdot e^{-j\omega t} dt,$$

где $s(t) = e^{-\frac{t}{\tau}}$, τ – постоянная времени.

$$S(\omega) = \int_{0}^{+\infty} e^{-\frac{t}{\tau}} \cdot e^{-j\omega t} dt = \int_{0}^{+\infty} e^{-\left(\frac{1}{\tau} + j\omega\right)t} dt = -\frac{\tau}{1 + j\omega\tau} \cdot e^{-\left(\frac{1}{\tau} + j\omega\right)t} \Big|_{0}^{\infty} =$$

$$= \frac{\tau}{1 + j\omega\tau} \cdot \left(e^{-\infty} - e^{0}\right) = \frac{\tau}{1 + j\omega\tau}.$$

$$|S(\omega)| = \frac{\tau}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^{2}}}.$$

Нормируем относительно постоянной времени т:

$$\left| S(\omega) \right|_{\mathrm{H}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\omega_{\mathrm{B}} \tau_{\mathrm{A}} \right)^{2}}}.$$

Определим верхнюю частоту $f_{\rm B}$ (примем 1>>0,01): $f_{\rm B} = \frac{1}{0.2\pi\tau}$.

Найдем интервал дискретизации Δt :

$$\Delta t \leq \frac{1}{2f_{\rm B}} = \frac{0.2\pi\tau}{2} = 0.1\pi\tau = 0.314 \cdot 40 = 12.56 \approx 13$$
 мин .

Таким образом, для измерения температурной зависимости, в соответствии с теоремой Котельникова, необходимо брать отсчеты как минимум 5 раз в час. Для повышения точности уменьшим интервал взятия отсчетов в 3 раза, т.е. будем брать отсчеты раз в 4 мин.

Рассчитаем количество бит, передаваемое одним датчиком температуры на контроллер.

Диапазон измеряемых температур — от 30 до 90 °C, это будет 60 градаций. Точность измерения датчиков 0,5 °C, т.е. 2 градации на 1 °C. Тогда всего у нас получится 180 градаций. Количество информационных бит составляет: $2^8 = 256$. Таким образом, с одного датчика передается 8 бит информации.

В нашем случае размер кадра вместе с интервалами молчания, контрольной суммой, адресом и полем данных составляет для интерфейса RS-485 – 13 байт. За час на микроконтроллер поступает 15 посылок, следовательно, скорость передачи информации будет равна 195 байт/ч.

Информационный поток может возрасти, если информация будет передаваться с нескольких датчиков, но т.к. скорости передачи данных малы, то увеличение будет незначительным.

Поток данных имеет малую величину и нецелесообразно использовать высокоскоростные линии передачи.

Наиболее подходящими являются технологии передачи данных Zigbee, беспроводная низкоскоростная передача данных, или проводной интерфейс передачи данных RS-485.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пуговкин А.В. Математическая модель теплоснабжения помещений для АСУ энергосбережения / А.В. Пуговкин, С.В. Купреков, Д.В. Абушкин и др. // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2010. №2 (22), ч. 1.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ

М.А. Усольцев, студент каф. ВТиЭ

Научный руководитель А.В. Калачев, доцент каф. ВТиЭ, к.ф.-м.н. г. Барнаул, АлтГУ, zapchast60@mail.ru

Одним из популярных сегодня направлений, притягивающих интересы многих сторон, является робототехника. Данная область существует на стыке нескольких областей знаний — это и механика, и электроника, и теория управления, и искусственный интеллект — и это далеко не полный перечень! Как правило, для решения коммерческих или промышленных задач роботизированные системы строятся под каждую конкретную задачу или класс задач. Задача создания универсального робота пока лежит в области фантастики, да и, пожалуй, в этом нет практической необходимости. Игровые или обучающие робототехнические комплекты несколько более универсальны — на базе одних и тех же базовых блоков можно строить модели с различной функциональностью и назначением.

Остановимся на последних чуть подробнее. При конструировании робота из какого-либо набора решаются следующие задачи:

- компоновка исполнительных механизмов;
- механика движений робота (как отдельных механизмов, так и всей конструкции в целом);
- определение необходимого набора датчиков (или комбинации датчиков из имеющихся);
- разработка алгоритмов функционирования подсистем робота и всего механизма в целом;
 - разработка системы управления роботом.

Для технического творчества и задач моделирования вполне достаточно управляющего устройства на базе одного процессора или контроллера. Для передачи сигналов управления все чаще используется радиоканал. Это могут быть специализированные микросхемы, беспроводные модули и микросхемы для сенсорных сетей. В задачи устройства управления моделью робота входят: контроль силовых узлов (серводвигателей), обработка сигналов аналоговых и цифровых датчиков.

При реализации системы управления моделью и канала передачи данных возможны следующие варианты:

- управляющий контроллер с беспроводным приемопередатчиком;
 - система на кристалле;
 - управляющий контроллер с т.н. сетевым процессором.

Кроме аппаратных задач, возникают и задачи, связанные с разработкой протоколов передачи команд управления. Для специализированных микросхем имеем фиксированный набор команд. Для остальных рассмотренных случаев — разработка собственного протокола, разработка приложения, работающего поверх стандартного или проприетарного протокола, использование возможностей протокола или прошивки беспроводного модуля.

В данной работе рассмотрена реализация управляющего модуля и беспроводного канала на базе компонентов и программных продуктов фирмы Atmel, в частности беспроводных OEM-модулей ZigBit, систем на кристалле atmega128RF1A и приложения SerialNet на базе стека протоколов BitCloud.

SerialNet поддерживает расширенный набор AT-команд, дающих полный контроль над функциональностью модуля. Отличительной чертой приложения является возможность удаленного управления узлами, вплоть до периферийных устройств. Так, для модулей ZigBit напрямую доступно 9 линий ввода-вывода (включая три ШИМ-канала), 4 аналоговых входа. Для систем-на-кристалле megaRF1A доступны 3 линии ввода-вывода, 3 ШИМ-канала, 4 аналоговых входа.

Фактически, при минимальных затратах на программное обеспечение можно получить и управляющий контроллер, и достаточно надежный беспроводной канал передачи данных. Более того, текстовый формат команд управления позволяет легко менять и отлаживать алгоритм управления без перепрограммирования контроллеров, что сокращает время разработки. Это весьма удобно при макетировании или предварительной проверке работоспособности узлов.

Для более сложных случаев, когда возможностей приложения по управлению периферийными устройствами или его быстродействия недостаточно, возможна связка с управляющим контроллером со своей программой, в свою очередь, принимающего команды в текстовом или бинарном виде.

Текстовый формат управляющих команд позволяет достаточно легко производить автоматизацию управления путем составления т.н. управляющего скрипта, столь почитаемого любителями Линукссистем.

Более интересен вариант разработки для алгоритма управления специализированного языка управления: реализуется цепочка преобразований — алгоритм > язык управления > скрипт в АТ-командах > управляющие действия. Рассмотрим реализацию описанного подхода к управлению моделью машины. В качестве пульта управления использован компьютер с подключенным к нему беспроводным модулем. Объектом управления в данном случае служит модель машины (моно-

приводное колесное шасси). На шасси установлен драйвер двигателей, осуществляющий силовую развязку контроллера и электромоторов, и собственно беспроводной модуль.

С точки зрения ZigBee-сети система «терминал управления – модель» представляет собой сеть типа «точка-точка». Один из узлов данной сети является координатором, для второго более подходит роль маршрутизатора (роутера). Итогом проделанной работы является система беспроводного управления объектом, разработанная с применением технологии сенсорных сетей ZigBee [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Калачев А.В. Приложение SerialNet на основе стека протоколов BitCloud // Беспроводные технологии. 2011. №1. С. 45–47.

МЕТОД ОЦЕНКИ МОМЕНТА ПРИХОДА СИГНАЛА В СИСТЕМАХ СВЯЗИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЮ МІМО

А.С. Вершинин, аспирант каф. ТОР

г. Томск, ТУСУР, vershkoff@sibmail.com

Целью статьи является исследование метода совместной обработки сигналов от абонентов систем связи с пространственным кодированием для повышения точности определения оценки момента их прихода.

Рассмотрим беспроводную систему связи, состоящую из двух передающих (ТХ) и двух приемных (RX) антенн. При передаче данных в режиме пространственного мультиплексирования обе передающие антенны излучают одновременно на одинаковых поднесущих частотах. В таких системах используется OFDM-сигнал [1], который описывается выражением

$$s(t) = \sum_{m=0}^{M-1} A_m \exp(j\varphi_m) \exp(j2\pi m\Delta f t),$$

где Δf — расстояние между поднесущими в OFDM-сигнале; A_m — амплитуда сигнала с частотой f_m ; ϕ_m — начальная фаза сигнала с частотой f_m ; M — количество поднесущих.

Для моделирования используется однолучевой канал MIMO, схематичное представление которого представлено на рис. 1.

Принятые сигналы в первой и во второй антеннах, соответственно, записываются:

$$R_1(t) = s_1(t) \cdot h_{11} + s_2(t) \cdot h_{21} + n_1(t),$$

$$R_2(t) = s_1(t) \cdot h_{12} + s_2(t) \cdot h_{22} + n_2(t),$$

где $h_{11},h_{12},h_{21},h_{22}$ — ослабления сигналов за счет влияния канала РРВ между приемными и передающими антеннами, $n_1(t),n_2(t)$ — белый гауссовский шум.

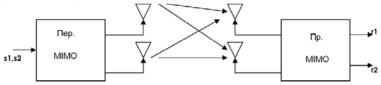


Рис. 1. Система МІМО 2×2

Зная сигналы $s_1(t)$ и $s_2(t)$, можно оценить ослабление сигналов за счет влияния канала PPB между приемными и передающими антеннами ($h_{11},h_{12},h_{21},h_{22}$). Для оценки канала используется корреляционный метод. Поскольку сигналы, которые используются в системах связи, шумоподобные, то взаимная корреляция переданного и принятого сигналов, прошедших канал PPB, содержит оценку импульсной характеристики канала [2]. Без вывода конечное выражение корреляционной функции можно записать в виде

$$r_{\mathcal{S}_1R_1}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} h_{11}(t)\delta(\tau - t)dt = K \cdot h_{11}(\tau),$$

где K – среднеквадратическое значение шума.

Недостатком метода является чувствительность оценки к шуму. На рис. 2 и 3 показаны зависимости СКО ошибки оценки характеристик канала PPB.

Данный способ позволяет оценить каждую характеристику канала. Зная оценки характеристик канала и передаваемый сигнал, опорный сигнал для оценки задержки сигнала можно записать в виде

$$R_{on}(t) = s_1(t) \cdot \hat{h}_{11} + s_2(t) \cdot \hat{h}_{21}$$

где $\hat{h}_{11}, \hat{h}_{12}$ — оценки каналов.

Для определения временной задержки также широко используют корреляционный метод [3]. Важной особенностью корреляционного метода является возможность определения задержки сложных сигналов. Вычисление корреляционного интеграла является оптимальной процедурой оценки параметров сигналов, принимаемых на фоне стационарного гауссовского шума.

Для использования данного метода необходимо знать опорный сигнал. В предположении, что в системе связи передаваемый сигнал восстановлен правильно, в качестве опорного сигнала используется

один из передаваемых сигналов — $s_1(t)$ или $s_2(t)$. В этом случае второй сигнал будет шумом для первого.

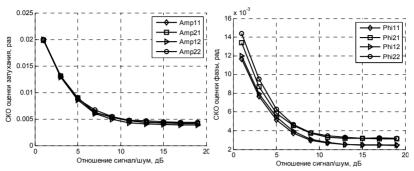


Рис. 2. СКО ошибки оценки затухания

Рис. 3. СКО ошибки оценки фазы

Выражение для оценки задержки сигнала записывается в виде [3]: $r_{R_1R_{OII}}(\tau) = M[R_{OII}(t)R_1(t)], \quad D = \arg_{\tau} \max(r_{R_1R_{OII}}(\tau)),$

где $R_{\rm l}(t)$ — принятый сигнал; $R_{\rm on}(t)$ — опорный сигнал; M — взаимная корреляция.

На рис. 4 представлены зависимости СКО ошибки определения задержки сигналов после совместной обработки.

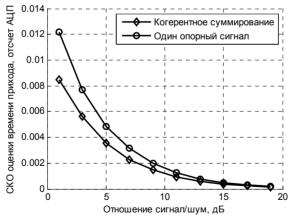


Рис. 4. Зависимость СКО ошибки оценки времени прихода сигнала от отношения сигнал/шум

Таким образом, в работе показано, что когерентное суммирование сигналов для систем с МІМО позволяет увеличить точность оценки

задержки. Недостаток алгоритма – это влияние шума на оценку характеристик канала.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи: базовые методы и характеристики: учеб. пособие. М.: Эко-Трендз, 2005. 392 с.
- 2. Ворошилин Е.П., Рогожников Е.В., Вершинин А.С. Метод повышения точности оценки передаточной функции канала распространения радиоволн, Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319, № 5.
- 3. Амиантов И.Н. Избранные вопросы статистической теории связи. М.: Сов. радио. 1971. 416 с.

ПРОЦЕДУРА ХЭНДОВЕРА В СПУТНИКОВЫХ СЕТЯХ

Р.А. Юрочкин, студент каф. ЗиВФ

Научный руководитель В.М. Винокуров, проф., к.т.н. г. Томск, ТУСУР, VinokurovVM@tor.tusur.ru

Информация данной статьи может быть использована в учебном процессе по направлению «Телекоммуникации», а также служить рекомендацией для разработчиков аппаратного и программного обеспечения спутниковых систем.

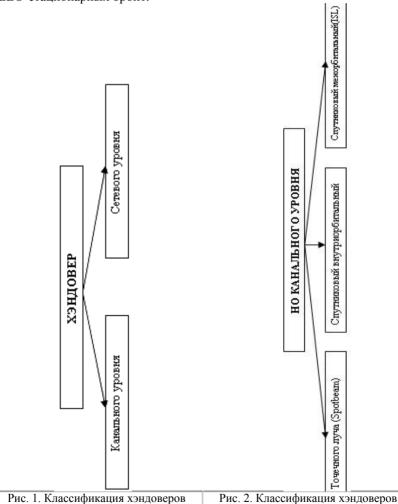
Спутниковые системы представляют собой совокупность наземного и спутникового оборудования.

В соответствии с Регламентом радиосвязи различаются три основные службы спутниковых систем: фиксированная спутниковая служба (ФСС), подвижная спутниковая служба (ПСС) и радиовещательная спутниковая служба (РСС).

В зависимости от типа используемых орбит (траектории движения спутника в пространстве) все ССС делятся на два класса – системы с космическими аппаратами на геостационарной орбите (GEO) (системы Orion, «Горизонт») и на негеостационарной орбите. В свою очередь, негеостационарные орбиты подразделяются на низкоорбитальные (LEO) (Globalstar, Teledesic), средневысотные (MEO) (ICO, Spaceway, «Ростелесат-В») и эллиптические (HEO) (Borealis, «Молния»). В зависимости от статуса ССС можно разделить на международные (глобальные и региональные), национальные и ведомственные.

Для рынка мобильных услуг наиболее перспективными являются спутниковые системы связи на низкой околоземной орбите (LEO). Однако из-за высокой спутниковой скорости непрерывная передача, использующая группировки спутников на LEO-орбите, требует частых переключений каналов передачи. Поэтому важнейшим вопросом для

исследования является организация процедуры хэндовера в спутниковых сетях. Хэндовер в спутниковых сетях — это передача продолжающегося соединения между узлами спутниковой связи. Однако в доступной отечественной литературе практически нет работ, затрагивающих этот вопрос. В рамках тематики работы изучено более двухсот статей на английском языке. На основе проведенного анализа была выявлена классификация хэндоверов в спутниковых системах для LEO-стационарных орбит.



по уровням ЭМВОС

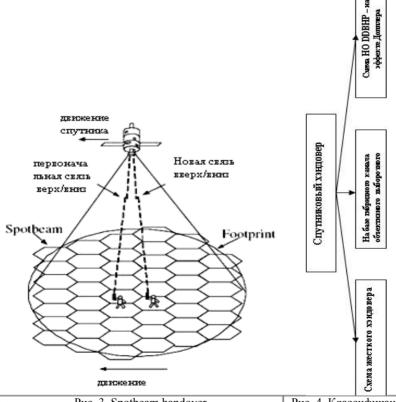
93

канального уровня

В данном подходе хэндовер канального уровня применяется при переключении каналов передачи, а сетевого – в случае, когда при перемещении спутников и мобильных пользователей коммуникационным конечным точкам (пользователям или спутникам) приходится изменить свой IP-адрес.

Классификация хэндоверов по уровням ЭМВОС показана на рис. 1. В зависимости от каналов, по которым идет процесс передачи соединения, хэндоверы можно подразделить согласно схеме рис. 2.

Спутниковый внутриорбитальный хэндовер обеспечивает переключение соединения между спутниками, тогда как Spotbeam хэндовер включает переключение соединения между сфокусированными лучами (Spotbeam) спутника в пределах зоны обслуживания (Footprint) спутника (рис. 3). Спутниковые межорбитальные хэндоверы (ISL) возникают из-за изменения структуры связи спутников.



Puc. 3. Spotbeam handover Puc. 4. Классификация спутникового хэндовера

Основные схемы спутникового внутриорбитального хэндовера могут быть классифицированы по схеме на рис. 4.

По стратегии выделения каналов и по гарантии хэндовера Spotbeam можно классифицировать, как на рис. 5.

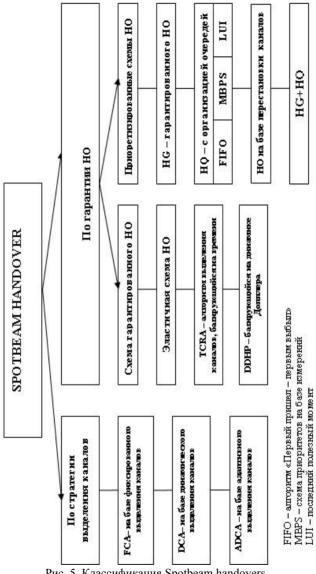


Рис. 5. Классификация Spotbeam handovers

Для спутника есть два сценария, требующие хэндовера сетевого уровня следующим образом:

- 1) Спутник выступает как маршрутизатор. У спутников нет никакой бортовой аппаратуры, чтобы генерировать или принимать данные. Они действуют как маршрутизаторы в Интернете.
- **2)** Спутник как Мобильный Узел. Спутники могут взаимодействовать как коммуникационные конечные точки со своей бортовой аппаратурой, обмениваясь данными с наземными станциями.

Классификация хэндоверов сетевого уровня приведена на рис. 6.

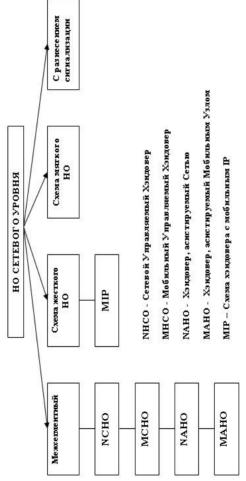


Рис. 6. Классификация хэндоверов сетевого уровня

По мнению большинства исследователей [2, 3], для современных спутниковых сетей LEO наиболее пригодна схема хэндовера транспортного уровня с разнесением сигнализации без шва на базе IP-диверсификации, называемая SIGMA. Выполненная на базе 802.21 протоколов, схема SIGMA удовлетворяет всем требованиям хэндовера в гетерогенных средах для различных типов передачи данных. Семейство стандартов 802.21 обеспечивает передачу информации в различных типах сред, указанных в спецификациях партнерств связи третьего поколения), 3GPP2 (второе партнерское объединение связи третьего поколения), а также сред проводной и беспроводной передачи данных в семействе IEEE 802 стандартов.

В дальнейшем работа видится в моделировании процедуры SIGMA-хэндовера в симуляторах Opnet, Qualnet.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Matthew Grosser. «Connection Handover in LEO Satellite ATM Networks», Institute for Telecommunications Research School of Electrical and Information Engineering University of South Australia.
- 2. Pulak K.C., Atiquzzaman M., Ivancic W. Handover Schemes in Satellite Networks:State-of-the-Art and Future Research Directions. Telecom and Networks Research Lab School of Computer Science, University of Oklahoma, Norman, OK 73019-6151.
- 3. Fu S. and Atiquzzaman M. SIGMA: A transport layer mobility management scheme for terrestrial and space networks. Book chapter to be published by Kluwer Academic Publishers, 2005.

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Председатель — **Катаев М.Ю.**, профессор каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя — **Бойченко И.В.**, доцент каф. АСУ, к.т.н.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ СО₂ ДЛЯ СТАНЦИИ LAMONT (TCCON) ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ МЕТОДОМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А.Г. Андреев, студент каф. АСУ

Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф. АСУ, д.т.н. г. Томск, ТУСУР, ораро@mail.ru

Решение задачи восстановления общего содержания CO_2 можно свести к задаче аппроксимации обратного оператора, переводящего спутниковый сигнал и априорную информацию в общую концентрацию CO_2 . Для задачи аппроксимации подходит 2 типа нейронных сетей: RBF (сети с радиальным базисом) и MLP (многослойный персептрон) [1]. Из класса сетей RBF был выбран тип GRNN (general regression neural network), так как обучение сети такого типа проходит быстро, а настраиваемыми параметрами является только spread. По результатам численного эксперимента сеть типа MLP показала лучшую обобщающую способность для задачи восстановления общей концентрации CO_2 на данных измерений GOSAT для подспутниковой станции Lamont (Oklahoma, USA), чем GRNN: средняя относительная погрешность MLP \sim 0,07%, средняя относительная погрешность GRNN \sim 0,23%.

Тестирование алгоритма формирования архитектуры сети на данных измерений GOSAT для подспутниковой станции Lamont (Oklahoma, USA). Всего имелось 570 данных (измерение + зенитный угол Солнца и общая концентрация), из них 18 содержат воду в кадре, которые не использовались (остаётся 552). Все данные были разбиты последовательно на группы по 3 данных в группе (по 184 в группе). Первое измерение из каждой группы и соответствующие им значения общей концентрации CO_2 – валидационная выборка. Второе измерение из каждой группы и соответствующие им значения общей концентрации CO_2 – тестовая выборка. Третье измерение из каждой группы и соответствующие им значения общей концентрации CO_2 – обучающая выборка.

Так как метод инициализации весов сети является стохастическим (правило Нгуена—Видроу) [2], то необходимо проверить алгоритм на устойчивость. Для этого алгоритм был запущен 100 раз, и для каждого запуска была посчитана средняя погрешность получившейся сети на тестовой выборке (рис. 1).

Среднее значение средней относительной погрешности 0,0725%, максимальное значение средней относительной погрешности 0,0781%, минимальное значение средней относительной погрешности 0,0650%, СКО средней относительной погрешности 0,0027%.

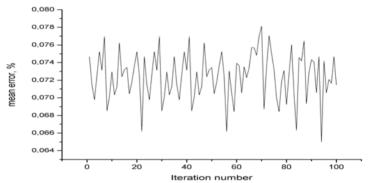
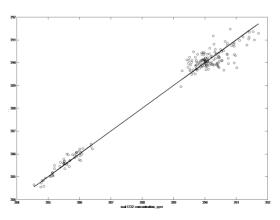


Рис. 1. Средние относительные ошибки для каждой итерации

Данные выборки были протестированы на нормальность методом Шапиро—Уилка: на уровне значимости 0,05 гипотеза о нормальности была отклонена, т.к. данные значительно отклонялись от нормальности.

Результаты восстановления общей концентрации ${\rm CO_2}$ при учёте зенитного угла, общей концентрации ${\rm H_2O}$ и температуры воздуха в



приземной области представлены на рис. 2. Среднее значение относительной погрешности = 0,061%, максимальное значение относительной погрешности = 0,32%.

Рис. 2. Реальная и восстановленная концентрация CO₂

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. / Пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. 1104 с.
- 2. Галушкин А.И. Нейронные сети. Основы теории. М.: Горячая Линия Телеком, 2010. 480 с.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ПОЛЕЙ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ГАЗОВ СО₂, СН₄ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАЛНОЙ СИБИРИ

H.O. Губанова, студентка 4-го курса каф. АСУ Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф АСУ, д.т.н. г. Томск, ТУСУР, fia@t-sk.ru

За период своего существования на Земле, и в особенности в XX в., человечество смогло уничтожить около 70 процентов всех естественных экологических (биологических) систем на планете, способных перерабатывать продукты человеческой жизнедеятельности, и это уничтожение продолжается по настоящее время. Объем допустимого воздействия на нашу биосферу Земли на сегодня в целом превышен в несколько раз. Кроме того, человечество продолжает выбрасывать в окружающую среду тысячи тонн ядовитых веществ, которых в ней никогда не было и которые не поддаются либо слабо поддаются переработке. Данное пагубное отношение к окружающей среде приводит к тому, что биологические микроорганизмы уже не способны выполнять свои регуляторные функции. Основными загрязнителями атмосферы на сегодняшний момент являются окись углерода и сернистый газ, выделяемые в основном в результате работы промышленности. Также известно, что увеличение потребления кислорода происходит одновременно с увеличением выделения в атмосферу диоксида углерода, а это в свою очередь приводит к такому глобальному явлению, как парниковый эффект.

Также с увеличением температуры приземной поверхности веротность выделения метана в атмосферу достаточно высока. Метан является сильным парниковым газом, поступающим в атмосферу из различных источников: заболоченные земли, разломы земной коры, сельское хозяйство, добыча и транспортировка природного газа, нефти, угля и мусорные свалки.

Таким образом, необходимость мониторинга парникового эффекта на Земле является важной научной проблемой современности. В настоящее время уже изучены основные вклады в глобальный баланс метана, в то же время существуют трудности в количественном опре-

делении темпов выброса метана из различных биосферных и антропогенных источников. С целью мониторинга термодинамического состояния и состава атмосферы Земли давно и активно разрабатываются технологии дистанционного инфракрасного зондирования атмосферы. Так, для мониторинга парниковых газов 23 января 2009 г. состоялся запуск спутника IBUKI агентством JAXA, данные которого используются для отслеживания экологической ситуации в мире.

Регион Западной Сибири (60–70° с.ш., 60–95° в.д.) был выбран как объект исследования, так как территория данного региона является сосредоточением огромного количества болот, территории вечной мерзлоты, объектов промышленного комплекса добычи нефти, угля и газа.

Наличие огромных объемов спутниковых данных о количестве и местоположении выделенных газов невозможно обрабатывать вручную. Поэтому целесообразно смоделировать программное средство на основе программы системы МАР. Разработка данной системы отображения спутниковой информации реализуется на языке С#, что однозначно позволит упростить процесс анализа и обработки измеренных данных.

Проект МАР полностью ориентирован на решение поставленной выше задачи и позволяет осуществлять привязку растров к карте, а также сравнивать спутниковые данные в табличном и графическом виде, проводить такие операции с данными, как их временная корреляция, интерполяция, вариация, а также создавать связанные списки координат, измеренных в различные периоды времени, графическое отображение областей, соответствующих данным координатам земной поверхности, которые наиболее пострадали в результате промышленной деятельности.

Актуальность данного проекта заключается в визуализации количественной оценки ежегодных выбросов метана в атмосфере Западной Сибири, так как такие объемы работы невозможно реализовать вручную из-за быстро меняющегося состава выбрасов вредных веществ, определении темпов выброса газов (метана, углерода, аэрозольных газов).

Проект ГПО 902 – «Обработка спутниковых данных».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Бажин Н.М. Источники и стоки атмосферного метана // Химия в интересах устойчивого развития. 1993. № 1.
- 2. Бирюкова О.Н., Орлов Д.С. Запасы углерода органических соединений в почвах Российской Федерации // Почвоведение. 1995. № 1.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА AL5D

Т.П. Гуськова, магистрант каф. АСУ г. Томск, ТУСУР, genybr@mail2000.ru

Формирование эффективных уравнений динамики манипуляционных роботов, которые могут быть рассчитаны на ЭВМ за минимальное время, является одной из важнейших задач в робототехнике. Ее решение необходимо для моделирования динамики манипуляторов в масштабе реального времени, для разработки эффективных алгоритмов управления роботами с учетом динамики, для повышения эффективности исследования и разработки манипуляторов.

Основной целью работы является написание программы на основе метода Лагранжа—Эйлера для решения прямой и обратной задачи динамики манипулятора. Прямая задача состоит в том, чтобы по заданным силам и моментам определить обобщенные ускорения, интегрирование которых позволяет получить значения обобщенных координат и скоростей. Обратная задача динамики заключается в том, чтобы по заданным обобщенным координатам, скоростям и ускорениям определить действующие в сочленениях манипулятора силы и моменты.

Для решения поставленых задач в первую очередь необходимо построить математическую модель робота. Она представляет собой систему уравнений, количество которых равно количеству степеней свободы манипулятора. При выводе уравнений динамики манипуляторов используются различные законы и формулировки общих уравнений линамики систем.

Уравнения Лагранжа—Эйлера обеспечивают строгое описание динамики состояния манипулятора и могут быть использованы для разработки усовершенствованных законов управления в пространстве присоединенных переменных. Применяя этот метод, можно получить полное описание движения манипулятора.

Кинематику манипулятора можно описать с помощью матричного представления Денавита—Хартенберга [1]. В этом представлении начала систем координат расположены в шарнирах, а их оси формируются по правилам, которые определяются кинематикой манипулятора.

Вывод уравнений динамики движения манипулятора методом Лагранжа-Эйлера основан:

1. На описании взаимного пространственного расположения систем координат i-го и (i-1)-го звеньев с помощью матрицы преобразования однородных координат. Эта матрица преобразует координаты произвольной точки относительно i-й системы координат в координаты этой же точки относительно (i-1)-й системы координат.

2. На использовании уравнения Лагранжа-Эйлера

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right] - \frac{\partial L}{\partial q_i} = \tau_i \quad i = 1, 2, ..., n ,$$

в котором L — функция Лагранжа (L=K-P); K — полная кинетическая энергия манипулятора; P — полная потенциальная энергия манипулятора; q_i — обобщенные координаты манипулятора; \dot{q}_i — первая производная по времени обобщенных координат; τ_i — обобщенные силы (или мометны), создаваемые в i-м сочленении для реализации заданного движения i-го звена.

При изучении метода Лагранжа—Эйлера был составлен алгоритм построения математической модели робота.

Шаг 1. Составить матрицы преобразования однородных координат A_i^{i-1} с помощью представления Денавита—Хартенберга.

Шаг 2. Найти матрицы, определяющие связь между системой координат і-го звена и базовой системой координат:

$$A_i^0 = A_1^0 \cdot A_2^1 \cdot ... \cdot A_i^{i-1} \quad i = 1, 2, ..., n$$

Шаг 3. Найти матрицы определяющие связь между системами координат i-го и j-го звеньев:

$$A_j^{i-1} = A_i^{i-1} \cdot A_{i+1}^i \cdot \dots \cdot A_j^{j-1} \quad i = 1, 2, \dots, n \;, \; j = 1, 2, \dots, n \;.$$

Шаг 4. Вычислить частные производные матриц, определяющие связь между системой координат i-го звена и базовой системой коор-

динат:
$$U_{ij} \cong \frac{\partial A_i^0}{\partial q_i}$$
.

Шаг 5. Определить величины, характеризующие эффект взаимодействия сочленений:

$$U_{ijk} \cong \frac{\partial U_{ij}}{\partial q_k}$$
, $i=1,2,...,n$, $j=1,2,...,n$, $k=1,2,...,n$.

Шаг 6. Посчитать матрицы инерции J_i звеньев:

$$J_i = \int r_i^i \cdot r_i^{iT} dm$$
, $i = 1, 2, ..., n$.

Шаг 7. Построить систему уравнений:

$$\begin{split} \tau_{i} &= \sum_{j=i}^{n} \sum_{k=1}^{j} Tr(U_{jk}J_{j}U_{ji}^{T}) \ddot{q}_{k} + \sum_{j=i}^{n} \sum_{k=1}^{j} \sum_{m=1}^{j} Tr(U_{jkm}J_{j}U_{ji}^{T}) \dot{q}_{k} \dot{q}_{m} - \\ &- \sum_{j=i}^{n} m_{j} g U_{ji} \overline{r}_{j}^{\ j}, i = 1, 2, ..., n. \end{split}$$

Рассмотренный метод формирования математической модели служит основой для написания программы анализа динамических характеристик робота манипулятора.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Гонсалес Р., Ли К., Фу К. Робототехника. М.: Мир, 1989. 624 с.
- 2. Корендясев А.И., Саламандра Б.У., Тывес Л.И. Теоретические основы робототехники. Кн. 1. М.: Наука, 2006. 383 с.

ОПИСАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ПЕРСПЕКТИВЫ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ УЧРЕЖДЕНИЯ

К.С. Курышев, аспирант каф. прикладной информатики в экономике Научный руководитель Ю.Ф. Тельнов, проректор по научной работе и УМО МЭСИ, проф., д.э.н.

г. Москва, МЭСИ, kkurishev@gmail.com

Актуальность

В основе технологии BPM (Business process management) лежит модельно-ориентированный подход (model-driven architecture) к описанию и разработке систем управления бизнес-процессами (СУБП) [1]. Это означает, что результатом проектирования системы становится исполняемая модель, которая содержит описание разных аспектов функционирования бизнес-процесса, достаточное для его выполнения [2]. Ядром такой модели является диаграмма BPMN (business process model and notification) [1], которая позволяет интегрировать между собой различные аспекты поведения процесса.

ВРМN 2.0 де-факто является стандартом описания логики выполнения процесса. Для описания исполнителей операций, а также логики их назначения необходимо отобразить организационную структуру на схему процесса. То, каким образом задачи распределяется между исполнителями, какими правами доступа те обладают при работе объектами системы, напрямую влияет на эффективность и результативность выполнения процесса. При создании СУБП необходимо учитывать, какие организационные аспекты можно и нужно описывать на диаграмме потоков управления (ВРМN), а какие следует выносить в отдельную организационную модель.

Постановка задачи

Основная цель стандарта BPMN заключается в том, чтобы создать понятную для аналитиков нотацию описания бизнес-процессов. В разделе 7.1 стандарта BPMN 2.0 [1, с. 22] указано, что в рамки BPMN не входит: описание организационной структуры, структуры данных,

бизнес-правила. Данные аспекты поведения бизнес-процесса должны описываться с помощью других моделей [3]. Однако, для того, чтобы создать комплексное представление о том, как выполняется процесс, необходимо увязать перечисленные выше модели между собой.

Цель данного исследования заключается в создании метода описания организационной перспективы в исполняемой модели процесса. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следуюшие залачи:

- провести системный анализ типовых конструкций (Framework resource workflow patterns), описывающих все возможные сценарии выполнения операций, разработанных в технологическом университете Эйндховен под кураторством профессора Вил ван дер Альст (Will van der Aalst), Голандия [4];
- исследовать и оценить возможности нотации BPMN 2.0 для описания логики назначения и выполнения операций сотрудниками организации;
- описать возможные критерии выбора исполнителей операций процесса, а также привилегии, которыми они могут обладать при работе с объектами СУБП;
- разработать концептуальную модель, расширяющую возможности BPMN 2.0 для описания гипотетической организационной структуры учреждения в рамках проектирования СУБП.

Результаты работы

- 1. Выделены классы объектов СУБП, правами доступа к которым необходимо управлять. К таким классам можно отнести процессы, операции, информационные объекты. Каждый класс может быть описан конечным множеством привилегий, которые назначаются пользователям СУБП. Доказано, что ролевой доступ на основе модели RBAC к объектам СУБП наиболее эффективен по сравнению с DAC, MAC [5, с. 155], в области назначения привилегий пользователям.
- 2. Данное исследование показало, что использование в СУБП только ролевой модели для описания процедур назначения исполнителей операций недостаточно в случае, если в организационной структуре определены другие виды группировок сотрудников, отличные от функционального принципа: по территориальному распределению, по квалификации, по видам выпускаемой продукции и т.д. Более подробно о принципах группировки сотрудников в организационной структуре описано у Г. Минцберга в его монографии «Структура в кулаке: создание эффективной организации» [6].
- 3. Моделирование типовых конструкций [4] средствами BPMN 2.0 позволило получить следующие результаты:

- Стандарт BPMN 2.0, в отличие от BPMN 1.2, позволяет описывать сценарии выбора исполнителей операции по различным критериям. К сожалению, данное описание происходит на уровне объектной модели BPMN и не может быть визуализировано с помощью диаграммы потоков работ.
- Стандарт BPMN 2.0 не позволяет описать привилегии пользователей как при работе с операциями процесса, так и на уровне Системы.
- Стандарт BPMN 2.0 никак не регламентирует процедуры эскалации и делегирования операции, поскольку не учитывает связи между элементами организационной структуры.
- 4. Доказана избыточность типовых конструкций, разработанных в [4]. Для этого разработана диаграмма состояний (STD) выполнения интерактивной операции в СУБП. С помощью данной диаграммы удалось разложить типовые конструкции на элементарные действия, которые приводят к изменению состояния выполнения операции. В будущем на основе данной формализации можно разработать удобный для использования бизнес-аналитиком графический механизм, который позволит моделировать различные организационные аспекты выполнения интерактивной операции.
- 5. Разработана концептуальная модель, расширяющая возможности объектной модели BPNM 2.0 для выбора исполнителей операции. Данная модель включает в себя описание классов объектов, из которых состоит организационная структура, а также устанавливает ассоциации между ними. Разработанная модель позволяет комплексно описать все свойства сотрудника (квалификация, должность, привязка к функциональному подразделению и другим логическим группировкам), которые необходимы для назначения его исполнителем операции.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Business Process Model And Notation (BPMN). 2011. URL http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/ (дата обращения: 13.02.2012).
- 2. Фёдоров И.Г. О функциональном и процессном моделировании бизнес-процессов // Открытые системы. 2011. № 8. URL: http://www.osp.ru/os/2011/08/13011140/ (дата обращения: 13.02.2012).
 - 3. Curtis B., Kellner M., Over J. Process Modeling, 1992.
- 4. Russell N., ter Hofstede A.H.M., Edmond D. and van der Aalst W.M.P. Workflow Resource Patterns. BETA Working Paper Series. WP 127. Eindhoven University of Technology. Eindhoven. 2004.
- 5. David F. Ferraiolo and Kuhn D. Richard. 15-th National Computer Security Conference. National Institute of Standards and Technology. Technology Administration. U.S. Department of Commerce Gaithersburg. Md. 20899 USA. 1992. Baltimore MD. P. 554–563.
- 6. Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации / Пер. англ.; под ред. Ю.Н. Каптуревского. СПб.: Питер, 2004. 512 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЗАКАЗОВ В CRM-СИСТЕМЕ «ДИСТРИБЬЮТОР»

М.Ю. Пьянкова, Е.М. Толстокулакова, A.С. Лыбина, студентки 5-го курса

Научный руководитель М.В. Григорьева, доцент каф. ACV г. Томск, ТУСУР, каф. ACV, marinap1990@mail.ru

Тема данной статьи является логическим продолжением работы [1], в которой рассмотрены технология прямых продаж сетевого маркетинга и предложения рынка программных продуктов, автоматизирующих бизнес-процессы в этой области; проведена формализация предпринимательской деятельности дистрибьютора сетевого маркетинга: выделены основные функции этой деятельности, управляющие воздействия внешней среды. Информация, с которой работал дистрибьютор, обобщена, на основе этого определены входы и выходы информационной системы «Дистрибьютор». Уже разработанная функциональная модель дает общее представление о предпринимательской деятельности дистрибьютора по созданию сети прямых продаж и является основой для дальнейшего проектирования и создания информационной системы. Для формализации бизнес-процессов деятельности дистрибьютора применена нотация IDEFO, которая базируется на принципах методологии структурного анализа и проектирования SADT [2]. Построена контекстная диаграмма информационной системы «Дистрибьютор». В основе декомпозиции контекстной диаграммы – логическая последовательность работы дистрибьютора от момента первой встречи с клиентом до продажи товара, получения прибыли и построения сети. Выделено три вида процессов: работа по привлечению клиентов, управление заказами, ведение бухгалтерского и налогового учета.

В предлагаемой статье подробно рассмотрена декомпозиция процесса «Управление заказами».

Подсистема «Управление заказами» поможет снизить трудоем-кость обработки заказов, а именно:

- предоставит возможность составления как простых заказов от клиентов, так и сложных консолидированных, включающих все заказы клиентов и заказы других дистрибьюторов, на их основании будет сформирован заказ поставщику;
- позволит анализировать всю цепочку поступивших заказов и их оплату, т.е. формировать заказ фирме-поставщику на основании заявок клиентов, фиксировать факт передачи товара клиенту, анализировать продажи.

На рис. 1 рассмотрим функции второго уровня декомпозиции подсистемы «Управление заказами». Проанализировав работу дистрибьютора при оформлении заказа, можно выделить следующие три блока: работа с заказами клиентов, работа с консолидированными заказами и аналитика.

Стрелочка, идущая снизу к блокам, указывает, для кого разрабатывается система. В нашем случае её пользователем будет являться дистрибьютор.

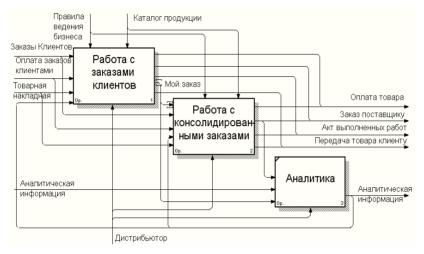


Рис. 1. Декомпозиция второго уровня подсистемы «Управление заказами»

Верхние стрелочки на диаграмме, идущие к блокам, обозначают управление, стратегии и процедуры, которыми руководствуется дистрибьютор при создании заказа:

- правила ведения бизнеса сетевой компании, по договору с которой работает дистрибьютор;
 - каталог продукции.

Взаимодействие с окружающим миром описывается в терминах входа и выхода. Так, входами подсистемы являются:

- заказы клиентов;
- наименование товара;
- информация об оплате заказов клиентами;
- аналитическая информация:
- информация о материальных вознаграждениях за осуществление дистрибьютором собственных розничных продаж и продаж нижестоящих линий.

Входом третьего блока подсистемы является аналитическая информация.

Результатом деятельности (выходы системы) первого и второго блока являются:

- заказ продукции компании от дистрибьютора;
- информация о переданных товарах клиентам;
- информация об оплате заказов клиентами;
- акт выполненных работ.

Выходом третьего блока является аналитическая информация, которая покажет, какой товар у дистрибьютора уже имеется в наличии, и что пользуется наибольшим спросом при формировании заказа у клиентов и дистрибьютора за определенный период времени.

Подсистема «Управление заказами» является неотъемлемой частью информационной системы «Дистрибьютор», т. к. в основе любой дистрибьюторской деятельности лежит работа с клиентами, напрямую связанная с принятием заказов от них и доставкой заказанного товара. Подсистема «Управление заказами» значительно облегчит обработку заказов, позволит контролировать как полную, так и частичную его оплату, просмотреть историю заказов любого клиента, выявить наиболее популярные товары.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Григорьева М.В. Сетевые технологии в экономике прямых продаж и их автоматизация // Доклады ТУСУРа. 2011. №1 (23), июнь. Томск: Том. гос. унт систем упр. и радиоэлектроники, 2011. С. 131–136.
- 2. РД 50.1.028-2001. Методология функционального моделирования. М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001. 72 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АНДРОИДНОГО РОБОТА ROBOBUILDER

А.С. Ушаков, аспирант каф. УИ;

Н.Е. Шепелева, студентка каф. ЭП

Научный руководитель Е.С. Шандаров, ст. преп. каф. ЭП г. Томск, TУСУР, fastholf@gmail.com, clu.ox.clu@gmail.com

Робототехника как научно-прикладное направление за последнее время получила широкое распространение. Роботы используются как в областях, связанных с риском для жизни, — промышленность, строительство, так и в социальной сфере — образование, медицина. В связи с этим существует множество классификаций роботов, разделяющих их по внешнему виду, областям применения, способам управления, способам передвижения и т.д. Однако несмотря на эти различия, концеп-

ция роботов остается прежней – это устройства, использующиеся для помощи человеку или же вовсе для его замены [1].

Среди всего многообразия роботов можно выделить такую категорию, как андроидные роботы. Андроидные роботы – роботы, в своем строении и поведении схожие с человеком. Однако даже создание конструкции, идентичной человеческому скелету, и оснащение ее приводами и датчиками является недостаточным. Важной частью создания андроидного робота является программирование движений. Поскольку робот в отличие от человека не наделен аппаратом, который может следить за его движениями, то контроль за всеми действиями робота возлагается на программиста.

Перед нами была поставлена задача реализовать различные виды движений для андроидного робота RoboBuilder. В качестве среды разработки использовалось стандартное программное обеспечение MotionBuilder. При создании движений учитывались такие параметры, как развесовка, количество задействованных приводов, скорость их вращения и др.

В ходе работы были реализованы стандартные движения: ходьба, поворот, шаги в сторону, приседания и т.д. Написаны такие сложные виды движений, как шпагат, стойка на одной ноге, стойка на голове, кувырок и пр.

На данный момент ведется разработка по программированию андроидов на высокоуровневом языке Lisp#, с помощью которого возможно обеспечить синхронную работу нескольких роботов.

Проект ГПО ЭП-0703 – «Мобильные роботы».

ЛИТЕРАТУРА

1. Юревич Е.И. Основы робототехники. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 416 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МУЛЬТИМЕДИА ФРЕЙМВОРКОВ, РАБОТАЮЩИХ НА UNIX-ПОДОБНЫХ СИСТЕМАХ

Д.Е. Шерстобоев, аспирант каф. АСУ

Научный руководитель А.М. Кориков, проф., заслуженный деятель науки РФ, д.т.н. г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, Dmitry.sherstoboev@gmail.com

Главной целью данного анализа является выбор наиболее подходящего мультимедиа фреймворка для перехода от существующих DirectShow фильтров для ОС Windows на Unix-подобные системы. Анализ будет производиться по следующим критериям: быстродействие, сложность в реализации интерфейса, документированность, поддержка мобильных платформ, возможность разделения платформозависимого кода, поддержка различных языков программирования.

В общем случае DirectShow фильтр является оболочкой для некого низкоуровневого движка, который выполняет работу над данными, например декодирование или конвертация цветового формата видео. Если в реализации низкоуровневого движка используются только платформонезависимые инструменты, то переход будет заключаться в написании интерфейса для выбранного мультимедиа фреймворка.

После анализа существующих мультимедиа фреймворков с поддержкой Unix-подобных систем были выбраны OpenMAX и GStreamer как наиболее подходящие для перехода с DirectShow.

ОрепМАХ (Open Media Acceleration) — кроссплатформенный набор интерфейсов на языке С, который предоставляет необходимые абстракции для процедур обработки видео-, аудиоизображений. ОрепМАХ предоставляет 3 уровня интерфейсов — Application Layer (уровень приложений), Integration Layer (уровень интеграции) and Development Layer (уровень разработки). ОрепМАХ разрабатывается Khronos Group — промышленным консорциумом, целью которого является выработка открытых стандартов интерфейсов программирования (API). В консорциум входят более 100 компаний [1].

GStreamer – мультимедийный фреймворк, написанный на языке программирования С. GStreamer является «ядром» мультимедийных приложений, таких как видеоредакторы, потоковые серверы и медиаплееры. В изначальный дизайн заложена кроссплатформенность. В мультимедийном фреймворке GStreamer, также как и в DirectShow, используется система фильтров, которые соединяются в граф. Элементы могут быть сгруппированы в контейнеры, которые могут быть в дальнейшем использованы для образования иерархичного графа [2].

Быстродействие

Поскольку большая часть времени работы многих фильтров тратится на обработку данных, а не на их передачу, быстродействие будет зависеть от реализации фильтра, а не от мультимедийного фреймворка.

Сложность в реализации интерфейса

Основной проблемой в ОрепМАХ является достаточно большое количество «обвязочного кода», который необходим для прохождения фильтром тестов совместимости от Khronos Group, без которого не гарантируется стабильная работа компоненты. К примеру, реализация самого простого фильтра — это около 1500 строк кода. Решением данной проблемы является использование базовых классов из уже доступных реализаций.

GStreamer, в свою очередь, предоставляет более прозрачный интерфейс реализации фильтра, так, самый простой фильтр будет занимать порядка 300 строк кода при реализации на языке С.

Документированность

Спецификация для каждого из уровней OpenMAX достаточно полно описывает все возможные особенности реализации фильтра. Трудности могут возникнуть при решении проблем, выходящих за рамки спецификаций, поскольку. кроме них, доступных материалов практически нет, а сообщество разработчиков не очень активно помогает в решении проблем.

В плане документированности GStreamer охватывает более широкий круг вопросов, нежели OpenMAX. Единственный минус – документация давно не обновлялась. Сообщество активно помогает в решении проблем на форуме.

Поддержка мобильных платформ

В качестве мобильной платформы рассмотрим возможность использования фильтра на платформе Android.

OpenMAX является одним из официально поддерживаемых низкоуровневых API для платформы Android.

GStreamer позволяет реализовать поддержку Android в виде модуля. Проблема в том, что по умолчанию он не предустановлен в системе, и его необходимо отдельно устанавливать для работы фильтра.

Возможность разделения платформозависимого кода

ОрепМАХ предоставляет возможность выделить весь платформозависимый код в отдельный уровень ОрепМАХ DL, следовательно, при переходе, например, с x86 на ARM не придется изменять основной код фильтра, который содержится в ОрепМАХ IL.

Поддержка различных языков программирования

OpenMAX предполагает реализацию фильтра только на языке C/C++.

GStreamer поддерживает различные языки программирования: C/C++, Python, .NET, Ruby, Java и т.д.

Заключение. В качестве заключения стоит отметить, что GStreamer скорее подходит для более быстрого перехода с DirectShow без написания большого количества кода, тогда как OpenMAX более ориентирован на разделение платформозависимого кода и поддержку мобильной платформы Android.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. OpenMAX Overview and API specifications [Электронный ресурс]. Khronos Group. Электрон. данные. Режим доступа http://www.khronos.org/openmax, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
- 2. GStreamer open source multimedia framework [Электронный ресурс]. GStreamer Team. Электрон. данные. Режим доступа http://gstreamer.freedesktop.org, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАЛОГОВОГО УЧЕТА В CRM-СИСТЕМЕ «ДИСТРИБЬЮТОР»

Е.М. Толстокулакова, М.Ю. Пьянкова, А.С. Лыбина, студентки 5-го курса

Научный руководитель М.В. Григорьева, доцент каф. АСУ, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, toleka90@gmail.com

Система управления взаимоотношениями с клиентами (СRМ-расшифровка) представляет собой программное обеспечение предназначенное для автоматизации взаимодействия с заказчиками (клиентами) в организации, в частном случае, для повышения уровня продаж, оптимизации маркетинга, улучшения обслуживания клиентов ввиду сохранения информации о них и об истории взаимоотношений, определения и улучшения бизнес-процедур и последующего анализа результатов.

В научно-исследовательской работе [1] были рассмотрены технология прямых продаж сетевого маркетинга и предложения рынка программных продуктов, автоматизирующих бизнес-процессы в этой области. Было начато проектирование CRM-системы для дистрибьюторов компаний, основной деятельностью которых являются прямые продажи, и выделено четыре вида процессов: работа по привлечению клиентов, управление заказами, контроль выплаты вознаграждений компанией и ведение бухгалтерского и налогового учета. Система получила название «Дистрибьютор».

В данной статье рассматриваются функциональные возможности подсистемы «Налоговый учет». Для формализации бизнес-процессов деятельности дистрибьютора применена нотация IDEF0, базирующаяся на принципах методологии структурного анализа и проектирования SADT [2].

В настоящее время деятельность дистрибьюторов компаний, занимающихся прямыми продажами, регламентируется нормами НК РФ и ГК РФ и попадает под законодательство, регулирующее вопрос предпринимательской деятельности. Дистрибьютор должен зарегистрироваться в качестве ИП, выбрать систему и определить объект налогообложения. Доход дистрибьютора представляет собой вознаграждения от компании, которые он получает за организацию реализации продукции и построение сети сбыта. Согласно правилам только дистрибьюторы, имеющие расчетный счет в банке, получают вознаграждения в виде денежных средств, иначе вознаграждения начисляются в виде бонусов («скидки») и не подлежат обналичиванию в полном объеме.

Независимые посредники компании, основная деятельность которых состоит в организации сети прямых продажи, как правило, применяют упрощенную систему налогообложения с объектом налогообложения «Доходы» и налоговой ставкой 6%, так как в данном бизнесе расходы фактически отсутствуют. Также согласно НК физические лица, зарегистрированные в качестве ИП, обязаны вести налоговый учет и сдавать необходимую финансовую и налоговую отчетность. В процессе проектирования функционала СRM-системы «Дистрибьютор» была выявлена потребность в автоматизации налогового учета. В настоящее время подсистема спроектирована и находится в процессе реализации. На рис. 1 представлена декомпозиция второго уровня подсистемы «Налоговый учет».

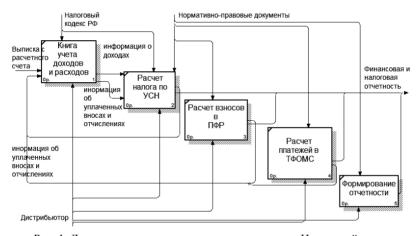


Рис. 1. Декомпозиция второго уровня подсистемы «Налоговый учет»

Верхние стрелочки на диаграмме, идущие к блокам, обозначают управление, стратегии и процедуры, которыми руководствуется дистрибьютор при ведении учета:

- Налоговый кодекс РФ;
- информация о доходах дистрибьютора;
- нормативно-правовые документы, регламентирующие деятельность дистрибьютора как ИП.

Взаимодействие с окружающим миром описывается в терминах входа и выхода. Так, входами подсистемы являются:

- информация о поступлении денежных средств (представлена в виде выписки с расчетного счета);
 - информация об уплаченных взносах и отчислениях.

Результатом деятельности (выходы системы) являются сформированная финансовая и налоговая отчетности.

В подсистеме предполагается реализация следующих функций:

- сбор и обработка информации о состоянии денежных средств на расчетном счете дистрибьютора;
- формирование платежных поручений банку для уплаты необходимых сумм взносов в бюджетные и внебюджетные фонды, а также для расчетов с различными контрагентами;
- учет движения денежных средств с помощью документов, отражающих поступление денежных средств на расчетный счет и их списание:
- формирование статистической отчетности, в частности отчетов о среднесписочной численности работников и т.д.

Подсистема «Налоговый учет» является необходимой составляющей СRM-системы «Дистрибьютор», так как предприниматели нуждаются не только в сохранении информации о клиентах, заказах и товаре, но и в ведении налогового учета и сдачи отчетности по установленным формам в соответствии с Налоговым кодексом РФ и приказами Министерства финансов РФ. Подсистема «Налоговый учет» позволит автоматизировать управление банковским счетом предпринимателя, ведение Книги доходов и расходов, расчет налогов и сборов, формирование налоговых деклараций и т.п., что значительно сократит временные затраты пользователя системы.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Григорьева М.В. Сетевые технологии в экономике прямых продаж и их автоматизация // Доклады ТУСУРа. 2011. №1 (23), июнь. Томск: Том. гос. унт систем упр. и радиоэлектроники, 2011. С. 131–136.
- 2. PД 50.1.028-2001. Методология функционального моделирования. М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001. 72 с.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СПУТНИКОВЫХ СИГНАЛОВ

А.В. Зиновьев, студент каф. АСУ

Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф., д.т.н. г. Томск, ТУСУР, Kelast90@yahoo.com

Задача по изучению атмосферы и прогнозированию в области изменения климата особенно актуальна. Процесс увеличения количества парниковых газов в атмосфере требует постоянного наблюдения, так

как он является одной из основных причин повышения температуры Земли. Развитие промышленности и урбанизация последнего столетия привели к значительному увеличению выброса парниковых газов в атмосферу. Единственным способом контроля содержания и поведения газов в планетарном масштабе является спутниковый (рис. 1).

23 января 2009 г. японским космическим агентством (JAXA) был запущен спутник GOSAT (Ibuki), который стал первым в мире спутником, чьей задачей является мониторинг парниковых газов. Ibuki оборудован инфракрасными датчиками, которые улавливают отраженный от поверхности Земли и тел атмосферы солнечный свет, что позволяет определить плотность углекислого газа и метана в атмосфере. Для получения адекватных результатов при обработке спутниковых данных необходимо учитывать большое количество факторов, одним из которых является подстилающая поверхность. Подход по обработке спутниковых сигналов, используемый в настоящее время, не учитывает либо учитывает неэффективно влияние этого фактора.

Целью работы является обработка спутниковых сигналов с учетом влияния на них подстилающей поверхности и сравнение полученных результатов с результатами обработки без учета подстилающей поверхности. Поверхность Земли в свою очередь обладает рядом характеристик, влияющих на ее роль в отражении солнечного света. Среди них были выделены и учтены следующие: рельеф земной поверхности, отражательная способность типов земной поверхности. Для получения информации об этих факторах были использованы следующие свободно распространяемые базы данных: SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), GLC2000 (Global Land Cover 2000), ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer).

Сигнал представлен выражением

$$I_1(\lambda, \varphi) = I_0(\lambda) \cdot \varepsilon(\lambda) \cdot W_{Surf} \cdot \tau(x, \varphi),$$

где I_1 — спектр отраженного от поверхности солнечного излучения; ε — коэффициент отражения, зависящий от типа поверхности; W_{Surf} — параметр, характеризующий рельеф; τ — пропускание атмосферы.

Работа с сигналом делится на два этапа: предобработку и восстановление. Предобработка состоит из ряда методов, применяемых для очистки сигнала от меняющих его факторов, за исключением его поглощения в атмосфере. К ней также относится и исключение влияния подстилающей поверхности. Для восстановления концентрации газов можно использовать различные методы. В разрабатываемом комплексе используется метод опорных векторов.

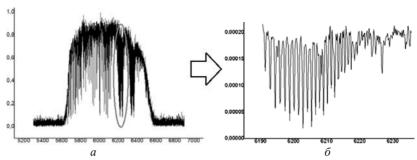


Рис. 1. Пример спутникового сигнала (a) и сигнала прошедшего предобработку (δ)

В результате разработан продукт, с помощью которого можно отслеживать и анализировать влияние подстилающей поверхности при обработке спутниковых сигналов.

ТЕСТИРОВАНИЕ МЕТОДА RANDOM FOREST В ЗАДАЧЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ CO_2 ПО ДАННЫМ СПУТНИКА GOSAT

С.А. Базелюк, студент каф. АСУ

Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф. АСУ, д.т.н. г. Томск, ТУСУР, maddestiny@mail.ru

За последние столетия человеческая активность сильно возросла, с ней возросло и влияние антропогенных факторов на газовый состав атмосферы. Важность экологических проблем признается в настоящее время многими странами, принимаются различные меры для минимизации отрицательных последствий современного развития человеческого общества, его индустрии, сельского хозяйства и т.д. Вследствие этого исследования характеристик газового и аэрозольного состава атмосферы являются одной из центральных задач современной физики и химии атмосферы [1]. В этой работе будут использоваться данные со спутника GOSAT и данные проекта TCCON (Total Carbon Column Observing Network) – Международной сети наземных станций.

Задача восстановления общего содержания CO_2 по своей природе является нелинейной обратной задачей и может быть решена как параметрическими, так и непараметрическими методами. Примером непараметрического метода являются деревья регрессии и как частный случай — алгоритм RF (Random Forest), результаты его применения к

данной задаче и будут описаны. Будет использоваться оригинальный алгоритм, описанный Брейманом [2], с добавлением условия ограничения ветвления, построенные леса с данным ограничением показали более точные результаты в задаче восстановления общего содержания CO_2 . Параметры леса были выбраны согласно рекомендации Бреймана:

$$T \ge \sqrt{M}$$

где T – размер леса, M – количество признаков.

$$m \approx M/3$$
,

где m — количество признаков, выбираемых случайно для поиска лучшего ветвления узла.

Описание эксперимента. Точки для выборки брались вокруг подспутниковой станции Lamont в квадрате $\pm 8^{\circ}$. В такой квадрат попали 832 точки в период с июня 2009 г. по май 2010 г. В качестве свободных признаков для лесов были выбраны данные из продукта L1B: тип подстилающей поверхности, угол склонения Солнца, спектры светимостей из второго спектрального отрезка, регистрируемого спутником (на длинах волн из этого отрезка находятся максимумы спектров поглощения CO_2). Полученные точки мы разбили на две выборки: обучающую размером 624 точки и тестовую размером 208 точек.

В результате были получены следующие значения ошибок: максимальная относительная ошибка, равная 0,3657%, и средняя относительная ошибка, равная 0,0551%.

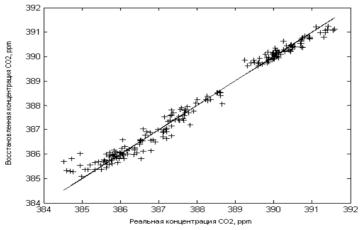


Рис. 1. График регрессии. По оси абсцисс – реальная концентрация, по оси ординат – восстановленная

Полученные значения ошибок подтверждают возможность применимости случайных лесов деревьев решений в задаче восстановле-

ния общего содержания CO_2 по спутниковым данным прибора GOSAT (рис. 1). Ошибки невелики даже при условии, что мы не учитывали такие важные мешающие параметры, как альбедо земной поверхности, молекулярное рассеяние, температура воздуха, поглощение молекулами H_2O .

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Поляков А.В. Определение газового состава атмосферы и характеристик аэрозоля затменным методом: Дис. . . . д-ра физ.-мат. наук.
- 2. Random Forests Leo Breiman and Adele Cutler //Internet http://statwww.berkeley.edu/users/breiman/RandomForests/cc home.htm

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗВУКОВОГО СИГНАЛА

А.В. Пастушков, студент 5-го курса каф. АСУ

Сжатие аудиоданных является в настоящее до сих пор актуальной проблемой. Изначально сжатие аудиоданных происходило без потерь. В дальнейшем был изучен человеческий слух, получена математическая модель слухового аппарата, которая легла в основу сжатия аудиоданных с потерями. Существует множество разных стандартов сжатия звука: MPEG2, AAC, Ogg Vorbis и т.д. Но как дать объективную оценку сжатию аудиоданных? Традиционные объективные методы тестирования, включающие отношение сигнала к шуму – SNR или полное гармоническое искажение – THD, обычно не дают точную оценку качества аудиосигнала. Причина этого находится в нелинейных искажениях, произведенных кодер-декодером. Кодер-декодеры могут скорее эффективно сжать сигналы простой структуры, которые используются в традиционных методах тестирования, и искажение происходит, когда они применены на чрезвычайно сложные сигналы, такие как человеческая речь, мелодия симфонического оркестра.

Цель – разработать автоматизированную систему объективной оценки качества аудиоданных. Эта оценка должна учитывать все особенности человеческого слуха.

Разработанная система использует перцепционную модель слуха. Предварительно исходный и искажённый сигнал проходят через эту модель, а затем подсчитываются характеристики сигналов и на их основе даётся общая оценка ODG (Objective Difference Grade) — объективный градиент различия (рис. 1). MOV (Model Output Variables) — это модель выходных переменных. ODG принимает значения от -4 до 0 (таблица). Можно сказать, что если ODG < -2,0 (-1,5), качество тестируемого сигнала является неприемлемым.

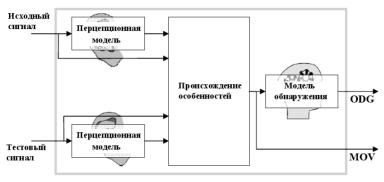


Рис. 1. Стандартная структура модели объективной оценки

Субъективная шкала ODG

Незаметный	0
Заметный, но нераздражающий	-0,1
	-1,0
Немного раздражающий	-1,1
	•••
	-2,0
Раздражающий	-2,1
	-3,0
Очень раздражающий	-3,1
	-4,0

Проводилось тестирование со звуковыми сигналами разной природы с одинаковой частотой дискретизации, равной 48000 кГц: мужское пение (test1.pcm), музыкальная дорожка (test2.pcm), песня на английском языке в мужском исполнении (test3.pcm). У каждого сигнала изменялся битрейт от 256 до 8 кб/с. Полученные сигналы есть исходные сигналы. Тестируемые сигналы получались путём применения ААС кодирования и ААС декодирования над исходными. Также в тестировании принимало участие 10 экспертов, которым давалось прослушать звуковые файлы и дать субъективную оценку, похожую на ОDG. Практически все эксперты дали оценку как «заметный», «видимый шум», ниже 32 кб/с (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что после уменьшения битрейта с 64 кб/с и ниже начало существенно падать качество звука, что собственно и услыша-

ли эксперты. Однако виден подъём качества при битрейте 16 кб/с и ниже – это означает неприемлемость данного метода к аудиосигналам из этого диапазона; система считает сигналы с таким битрейтом сильно искажёнными

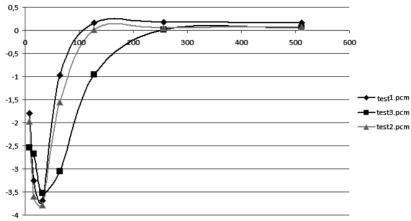


Рис. 2. Тестирование

Актуальность данного проекта заключается в автоматизированной объективной оценке качества аудиосигнала, приближенной к субъективной оценке эксперта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Айфичер Эммануил С., Джервис Барри У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. 2-е изд. / пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильяме», 2004. 992 с.
- 2. Залманзон Л.А. Преобразование Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, в связи и других областях. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1989. 496 с.
- 3. The ITU Radio communication. Method for objective measurements of perceived audio quality. The ITU Radio communication. Рекомендация BS.1387-1. 2003. 100 с.
- 4. Лайонс Ричард. Цифровая обработка сигналов: 2-е изд. / Пер. с англ. М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. 656 с.

ФИЗИЧЕСКАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Председатель — **Троян П.Е.**, зав. каф. Φ Э, профессор, д.т.н.; зам. председателя — **Смирнов С.В.**, профессор каф. Φ Э, д.т.н.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЛЁНОК ДИЭЛЕКТРИКОВ НАНОМЕТРОВОЙ ТОЛЩИНЫ

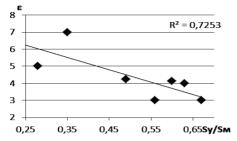
И.В. Федин, Е.А. Ионов, студенты каф. физической электроники Научный руководитель П.Е. Троян, проф., д.т.н. г. Томск, ТУСУР, fedinivanvladimirovich@mail.ru

Получение диэлектрических плёнок с низким значением диэлектрической проницаемости является актуальной научно-технической проблемой для интегральной СВЧ-электроники как метод уменьшения потерь и увеличения скорости распространения СВЧ-сигнала. Повышение внешнего квантового выхода светодиодов возможно за счёт нанесения плёнок диэлектриков с низким значением показателя преломления на излучающую поверхность нитрид-галлиевого светодиода. Таким образом, разработка методов получения и исследования свойств диэлектрических материалов с низким значением диэлектрической проницаемости и показателя преломления — актуальная проблема. В данной работе проводилось исследование зависимости диэлектрической проницаемости и показателя преломления плёнок диоксида кремния, модифицированного углеродом (SiO₂+C).

Исследуемые диэлектрические плёнки напылялись методом магнетронного распыления составной кремний-графитовой мишени в атмосфере воздуха, напыление алюминиевых электродов проводилось методом термического испарения. Электрофизические свойства плёнок исследовались на измерителе иммитанса Е7-20. Измерение показателя преломления проводилось на эллипсометрическом комплексе «Эллипс-1897 САГ». Толщина напыляемых плёнок составляла до 300 нм. Значение показателя преломление бралось для длины волны падающего излучения, равного 632,8 нм.

На одной подложке получалось до 50 конденсаторных структур. Значение ёмкости имело большой разброс по подложке, поэтому выбиралось наиболее вероятное (часто встречаемое) значение, которое использовалось для вычисления диэлектрической проницаемости.

На рис. 1 приведён график зависимости диэлектрической проницаемости плёнки SiO₂+C от Sy/Sм, где Sy/Sм – отношение площади,

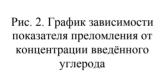


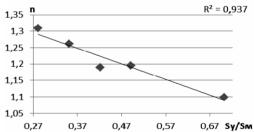
занимаемой углеродом (Sy), к площади рабочей поверхности магнетрона (Sм).

Рис. 1. График зависимости диэлектрической проницаемости от отношения Sy/Sм

 R^2 — коэффициент достоверности аппроксимации, характеризующий линейность зависимости. Как видно из графика зависимости, изображённой на рис. 1, введение углерода в плёнку диоксида кремния понижает её диэлектрическую проницаемость, что может быть использовано для улучшения характеристик приборов, изготовленных с её использованием.

Результаты исследования зависимости показателя преломления плёнки SiO_2+C от концентрации углерода приведены на рис. 2.

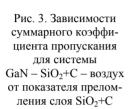


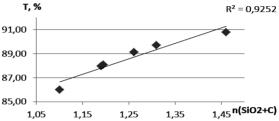


Как видно из рис. 2, полученная зависимость имеет ярко выраженный обратно пропорциональный линейный характер, что позволяет управлять показателем преломления плёнок SiO_2+C с высокой точностью путём варьирования количества введённого углерода. Данное свойство позволяет использовать исследуемые плёнки в оптике в качестве просветляющих покрытий. Теоретический расчёт зависимости суммарного коэффициента пропускания для системы $GaN - SiO_2+C -$ воздух от показателя преломления слоя SiO_2+C приведён на рис. 3.

В ходе проведённого исследования было выявлено, что как диэлектрическая проницаемость, так и показатель преломления уменьшаются с увеличением площади, занимаемой углеродом, на составной кремний-графитовой мишени магнетрона, причём зависимость показателя преломления имеет ярко выраженный линейный характер. Воз-

можно, уменьшение показателя преломления вызвано повышением пористости плёнок, вследствие разрыхляющего действия введённого в них углерода. Также, возможно, что образовавшиеся поры являются мезопорами, повышающими содержание воздуха в получаемых структурах. Поскольку диэлектрическая проницаемость воздуха равна 1, общая диэлектрическая проницаемость полученной структуры уменьшается.





Полученные результаты можно использовать для межслойной изоляции интегральных СВЧ-схем и повышения внешней квантовой эффективности светодиодов, изготовленных на основе нитрида галлия.

Проект ГПО ФЭ-0714 – «Исследование электрофизических свойств плёнок нанометровой толщины».

РАЗРАБОТКА РЕЗИСТИВНОЙ МАСКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМИЧЕСКОГО ОПЛАВЛЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ Т-ОБРАЗНОГО ЗАТВОРА СУБМИКРОННЫХ РАЗМЕРОВ

Ю.Ю. Гребнева¹, С.В. Ишуткин²

Научный руководитель Е.В. Анищенко 2 , вед. инженер 1 ТУСУР, 2 ЗАО НПФ «Микран», Ultrafiolet90@mail.ru

Формирование затвора является ключевой операцией технологического маршрута изготовления транзисторов с высокой подвижностью электронов НЕМТ (High Electron Mobility Transistor) и СВЧ монолитных интегральных схем (МИС) на их основе. С целью достижения наилучших характеристик транзисторов используют затвор Т-образной формы с длиной основания преимущественно 100, 70 нм [1].

Незаменимым инструментом для создания затворов малого размера на поверхностях различных подложек является электронно-лучевая литография (ЭЛЛ). При экспонировании эффект рассеивания электронов ограничивает минимальный размер топологических элементов, формируемых в резисте с помощью ЭЛЛ [2].

Существуют различные технологические приемы, позволяющие уменьшить длину Т-образного затвора, например, использование пристеночного диэлектрика [3], термическое оплавление резиста [4].

В данной работе исследовано влияние температуры обработки на размер элементов топологии, сформированных в резисте, разработана трехслойная маска для создания Т-образного затвора с длиной основания менее 100 нм.

Для создания нижнего слоя резистивной маски использовались три электронных позитивных резиста: 495 PMMA, 950 PMMA, EL-6 (производство MicroChem corp.). Экспонирование резистов осуществлялось на электронном литографе Raith 150^{two} с ускоряющим напряжением 30 кВ. Затем резисты проявлялись в смеси органических растворителей метилизобутилкетона и изопропилового спирта. Пластины со сформированными масками резистов делили на образцы и каждый из них выдерживали при определенной температуре на нагревательной плите с целью уменьшения исходного размера окна, сформированного в резисте. Оптимальная температура, необходимая для получения окна размером менее 100 нм, подбиралась экспериментально.

Зависимости размеров элементов топологии от температуры термообработки представлены на рис. 1. Из данных зависимостей видно, что в диапазоне температур 120–170 °C у всех образцов наблюдалось уменьшение исходного размера окна с повышением температуры. Характерный вид профиля резиста до и после термообработки представлен на рис. 2. Повышение температуры до 170 °C приводит к значительному растеканию резиста и исчезновению окна для резистов 950 PMMA и 495 PMMA, для резиста EL-6 аналогичные превращения наблюдаются при температуре 150 °C.

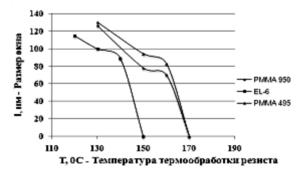
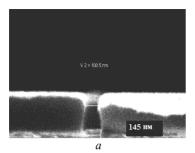


Рис. 1. Зависимости размера окна в резистах от температуры



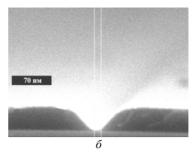


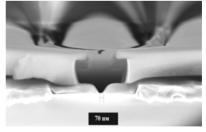
Рис. 2. Профиль окна в резисте 950 ПММА: a – без воздействия температуры; δ – температура оплавления 160 °C

Наблюдаемые изменения связаны с тем, что при нагревании резиста выше температуры стеклования Tg (для полиметилметакрилата Tg = 105 °C, для сополимера Tg = 85 °C) связи между макромолекулами ослабевают и резист становится более пластичным, размягчается. Это приводит к тому, что поверхностное натяжение полимерного резиста уменьшается, что способствует сглаживанию профиля изображения, растеканию резиста и уменьшению размеров элементов топологии [5].

В дальнейшей работе в качестве нижнего слоя трехслойной маски был использован 950 PMMA. На нижний слой 950 PMMA со сформированным в нем изображением последовательно наносились резисты LOR 5В и 495 PMMA (MicroChem corp., США). Температура сушки данных резистов не должна превышать 150 °C, чтобы не происходило смыкания окна в нижнем слое 950 PMMA. Экспонирование и проявление резистов осуществлялось согласно методике, подробно рассмот-

ренной в работе [6]. Полученная многослойная маска представлена на рис. 3.

Рис. 3. Трехслойная маска для формирования Т-образного затвора



В данной работе была разработана резистивная маска для создания Т-образного затвора методом оплавления, позволяющая управлять размером окна в резисте и соответственно получать требуемую длину затвора транзистора. Минимальный размер окна в резистивной маске, полученный методом оплавления нижнего слоя резиста 950 РММА, составил 70 нм.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. The International Technology Roadmap for Semiconductors, http://www.itrs.net/
- 2. Данилина Т.И., Смирнова К.И. Процессы микро- и нанотехнологий. Томск: ТУСУР, 2005. 315 с.
- 3. Thin Gate and Analog Capacitor Dielectrics for Submicron Device Fabrication, Ed. Sing-Pin Tay and Joseph P. Ellul, 1992.
- 4. The Japan Society of Applied Physics, New Nanometer T-Gate Fabricated by Thermally Reflowed Resist Technique / Ed. Huang-Ming LEE, Edward Yi CHANG, 2002.
- 5. Моро У. Микролитография: Принципы, методы, материалы: ч. 2. М.: Мир, 1990.
- 6. Anishchenko E.V. The formation of multilayer resist mask for transistor T-gates fabrication using electron-beam lithography, E.V. Anishchenko, E.V. Erofeev, S.V. Ishutkin, V.A. Kagadei, K.S. Nosaeva // Micro- Nanotechnologies and Electron Devices (EDM). 2011. International Conference and Seminar of Young Specialists on Date: June 30 July 4, 2011.

ПОТЕНЦИАЛ ИЗОЛИРОВАННОЙ МИШЕНИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ЛУЧОМ В ФОРВАКУУМЕ

В.С. Гулькина, студентка каф. ЭП

Научный руководитель В.А. Бурдовицин, проф. каф. физики, д.т.н. г. Томск, ТУСУР, GulkinaVS@mail.ru

Электронно-лучевая обработка диэлектрических материалов либо изолированных объектов осуществима лишь при условии компенсации заряда, приносимого на объект электронным пучком. Такая компенсация возможна в условиях форвакуума, т.е. в диапазоне давлений 5—15 Па. Это обусловлено возникновением разряда между отрицательно заряженным объектом и заземленными стенками вакуумной камеры [1].

Цель настоящей работы состояла в анализе временной зависимости потенциала изолированного объекта при его облучении импульсным электронным пучком.

Физическая модель и путь решения

Анализируемая ситуация схематично представлена на рис. 1. Электронный пучок Iе бомбардирует изолированную мишень, в результате чего мишень приобретает отрицательный потенциал -U. В электрическом поле между мишенью и стенкой камеры любой случайный электрон порождает лавину. Причем рождающиеся ионы, поступая на мишень, снижают ее заряд и соответственно потенциал. Моделирование процесса происходит в плоскопараллельной системе электродов. Решение разбивается на этапы:

- Разрядный промежуток мишень—анод разбивается на элементарные слои одинаковой протяженности.
- Временной шаг выбирается таким, чтобы за один шаг ион перемещался на расстояние, равное протяженности Δx одного элементарного слоя.
- Развитие разряда начинается с появления у катода N_0 электронов в расчете на единицу поперечного сечения. На своем пути к аноду эти электроны порождают электронную лавину $N\!=\!N_0\cdot\!e^{\frac{x}{\lambda}}$, λ длина пробега электрона.
- ullet В каждом слое с координатой x порождается $n = N_0 \cdot e^{\frac{x}{\lambda}} \cdot \frac{\Delta x}{\lambda}$ ионов.
- Наличие распределенного заряда позволяет решить уравнение Пуассона $\frac{d^2 \varphi}{dx^2} = -\frac{1}{\varepsilon_0} en$ и найти распределение потенциала.
- На каждом временном шаге ионы сдвигаются в сторону катода на один слой. Достигшие катода ионы выбивают из него у-электроны.
- Данный цикл повторяется, что позволяет получить распределение концентрации ионов по слоям в каждый момент времени.

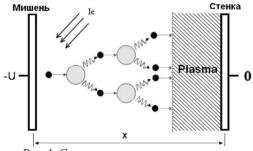


Рис. 1. Схема промежутка мишень-стенка

Решение поставленной задачи проводилось в программном пакете Delphi 7.

За ионный ток принимался заряд I_i , приносимый ионами на катод в единицу времени $I_i = \frac{n(1) \cdot q}{\Delta t}$, где n(1) – поверхностная концентрация ионов в слое, примыкающем к мишени. Потенциал мишени опреде-

лялся из соотношения $\varphi = \frac{Q}{C}$, где C – емкость мишени, рассчитанная

по геометрическим параметрам; Q — заряд, определяемый с учетом поступления на мишень частиц обоих знаков, причем электронный ток принимался равным току пучка.

На рис. 2 представлены расчетные зависимости тока ионов и потенциала мишени от времени. Как следует из приведенных графиков, потенциал мишени становится равным ускоряющему напряжению за время порядка 10 нс и сохраняется таковым в течение 70 мкс. За это время ионный ток нарастает до величины, превышающей ток пучка, что вызывает снижение потенциала и сокращение разрядного промежутка за счет образования плазмы и перемещения ее границы в направлении от стенки к мишени. Это способствует снижению ионного тока, что, в конце концов, приводит к стационарному состоянию. Расчетные зависимости качественно совпадают с результатами экспериментов [2], что, по нашему мнению, указывает на справедливость предположений, положенных в основу модели.

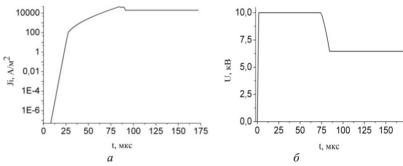


Рис. 2. Плотность тока j_i ионов (a) и потенциал U мишени (б) как функции времени

Заключение

Потенциал изолированной мишени, облучаемой электронным пучком в форвакууме, формируется в результате поступления заряженных частиц обоих знаков: электронов пучка и ионов, возникающих в разряде между изолированной мишенью и заземленными стенками вакуумной камеры.

Продолжительное время (десятки микросекунд) установления потенциала обусловлено процессами развития разряда между изолированной мишенью и заземленными стенками вакуумной камеры.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Medovnik A.V., Gushenets V.I., Oks E.M., Burdovitsin V.A. Initial Stage of Discharge Development in Fore-Vacuum Plasma Electron Source // Изв. вузов. Физика. 2007. №9. Приложение. С. 202–205.
- 2. Медовник А.В., Бурдовицин В.А., Климов А.С., Окс Е.М. Электроннолучевая обработка керамики // Физика и химия обработки материалов. 2010. №3. С. 39–44.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОЛИОЛОВ

В.А. Гущин, О.Л. Роденко, А.В. Мошкина, П.Е. Сим, студенты каф. ФЭ

Научный руководитель С.В. Смирнов, профессор, д.т.н. г. Томск, ТУСУР, vovan545182@gmail.com

С повышением температуры светодиодов ухудшаются их электрические параметры, значительно снижаются надежность работы и срок службы. Данная работа посвящена методу определения температуры перехода по спаду интенсивности излучения. Этот метод прост в реализации, не требует дорогостоящего оборудования. Данный метод состоит из двух этапов: калибровочного, в котором через светодиод пропускается импульсный ток, и измерения при постоянном токе.

Схема установки для первого этапа эксперимента представлена на рис. 1.

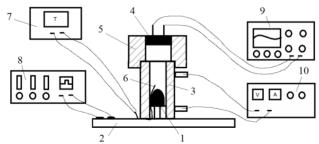


Рис. 1. Схема установки для калибровочного этапа измерений: I – исследуемый светодиод; 2 – светодиодный макет; 3 – нагревательный резистор ПЭВР-100; 4 – фотодиод ФД-24К; 5 – держатель фотодиода;

6 – термопара; 7 – цифровой мультиметр; 8 – генератор импульсов;

9 – цифровой осциллограф; 10 – источник постоянного напряжения

В ходе калибровочных измерений на светодиод подается импульсный ток со скважностью, необходимой для исключения внутрен-

него разогрева светодиода. С помощью осциллографа фиксируются импульсы, которые возникают в фотодиоде при прохождении импульсного тока через светодиод. При нагревании светодиода происходит спад интенсивности излучения светодиода, который и фиксируется фотодиодом с помощью осциллограмм.

Схема установки для проведения второго этапа измерений представлена на рис. 2.

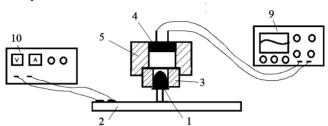


Рис. 2. Схема установки для второго этапа измерений

При подаче постоянного тока на светодиод произойдет спад интенсивности излучения. Этот спад можно будет зафиксировать в момент включения с помощью фотодиода и подключенного к нему осциллографа. С помощью калибровочных измерений определим температуру перехода диода.

Эксперимент проводился для следующих светодиодов фирмы KnightBright: L10203UB — синий, L52BUWC — белый, L7605UW — белый с четырьмя кристаллами. Рассмотрим подробно эксперимент для синего светодиода. Для остальных светодиодов он осуществлялся аналогично.

С помощью осциллограмм, полученных при импульсном токе I=100 мA, при температурах T=25 °C (рис. 3, a), T=100 °C (рис. 3, δ),

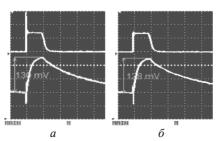


Рис. 3. Осциллограмма для синего светодиода при T = 25 °C (a) и при T = 100 °C (δ)

определили спад вершины импульса на фотодиоде и построили зависимость $\Delta U_{\phi}(T)$ (рис. 4).

На рис. 3 верхняя зависимость — это импульсные сигналы, подаваемые на светодиод, нижняя зависимость — интенсивность излучения светодиода, получаемая на фотодиоде.

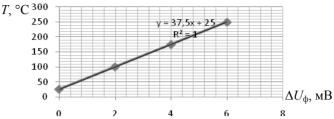


Рис. 4. Калибровочная зависимость $\Delta U_{\mathrm{d}}(T)$, для синего светодиода

После построения калибровочной зависимости производили измерение на постоянном токе I=100 мА при комнатной температуре согласно методике (рис. 4). В момент включения напряжения на светодиоде снимали осциллограмму для фотодиода (рис. 5).

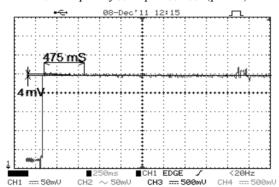


Рис. 5. Осциллограмма для светодиода в момент включения

Из рис. 5 определили падение напряжения, обусловленное спадом интенсивности светодиода: $\Delta U_{\rm \varphi}$ = 4 мВ. Затем с помощью калибровочной зависимости (см. рис. 4) определили температуру перехода T=175 °C.

Аналогичные эксперименты были проведены для остальных светодиодов и получены следующие температуры переходов. Для синего светодиода L10203UB – $T=175\,^{\circ}\mathrm{C}$; для белого светодиода L52BUWC – $T=250\,^{\circ}\mathrm{C}$; для белого светодиода с четырьмя кристаллами L7605UW – $T=215\,^{\circ}\mathrm{C}$. Результаты, полученные данным методом, совпали с результатами, полученными другими методами.

Проект ГПО ФЭ-1101 – «Организация лаборатории светодиодных технологий»

ЛИТЕРАТУРА

1. Шуберт Ф., Юнович А.Э. Светодиоды. 2-е изд. М.: Физматлит, 2008. 496 с.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ УСКОРЯЮЩЕГО ПРОМЕЖУТКА НА ПРЕДЕЛЬНОЕ РАБОЧЕЕ ДАВЛЕНИЕ ПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОНОВ

А.В. Казаков, студент каф. ЭП; А.А. Зенин, м.н.с. каф. физики; А.С. Климов, доцент каф. физики г. Томск, ТУСУР, klimov@main.tusur.ru

Одним из важных направлений развития электронно-лучевых технологий является получение стационарных и квазистационарных электронных пучков при повышенных давлениях газа, вплоть до вывода пучка в атмосферу. Наиболее перспективными для реализации данных задач являются источники электронов с плазменным катодом, принцип работы которых основан на эмиссии электронов с поверхности плазмы, генерируемой в системах тлеющего или дугового разряда с «холодным» катодом, что определяет некритичность к газовой среде.

Ограничение по предельному рабочему давлению электронных источников, во-первых, обусловлено зажиганием самостоятельного низковольтного разряда в ускоряющем промежутке, при этом ускорение электронов до требуемых энергий невозможно. Во-вторых, возникновением высоковольтного тлеющего разряда (ВТР) в ускоряющем промежутке [1]. При повышении давления газа величина тока ВТР становится сравнимой с током, обеспечиваемым основным разрядом, при этом существенно снижается возможность независимого управления параметрами электронного пучка.

Ранее в работе [2] показано, что расположение в ускоряющем промежутке дополнительной конусной вставки, присоединяемой к анодному электроду со стороны экстрактора, позволяет поднять рабочие давления электронного источника до 40 Па и снизить ток ВТР до сотен миллиампер. Однако такие значения тока ВТР существенны при длительной работе источника, так как приводят к повышенным тепловым нагрузкам на электроды ускоряющего промежутка.

Цель настоящей работы состояла в исследовании влияния расстояния между анодом и экстрактором электронного источника на величину тока ВТР и предельное рабочее давление.

Экспериментальная установка и техника эксперимента

Эксперименты проводились с использованием плазменного электронного источника (рис. 1), разработанного для работы в форвакуумной области давлений, подробное описание источника представлено в [3]. Отличие от указанного источника заключалось в использовании ускоряющего электрода, плоской частью обращенного к аноду. Источник располагался на вакуумной камере. Эксперименты проводились следующим образом: устанавливалось необходимое расстояние *d* меж-

ду экстрактором и анодом, в вакуумную камеру напускался газ до необходимого давления, затем поднималось напряжение на ускоряющем промежутке.

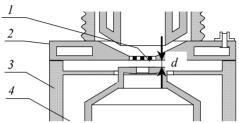


Рис. 1. Электродная схема источника электронов: I – перфорированный электрод; 2 – анод; 3 – керамический высоковольтный изолятор; 4 – экстрактор

Напряжение пробоя фиксировалось непосредственно перед резким возрастанием тока в цепи ускоряющего электрода. В качестве тока ВТР принимался ток нагрузки источника ускоряющего напряжения. Во всех экспериментах напряжение на разрядный промежуток не подавалось.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Как показали эксперименты, изменение расстояния между экстрактором и анодом при повышенных давлениях влияет как на ток BTP, так и на величину пробивного напряжения (рис. 2).

Представленные зависимости не являются очевилными И ΜΟΓΥΤ быть объяснены дующим образом. Увеличение расстояния анод-экстрактор приводит к снижению напряженности электрического поля в этой области, и, как следствие, к снижению скорости ионов, движущихся к анодному электроду. Вследствие низкой скорости время взаимодействия иона и

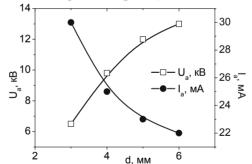


Рис. 2. Зависимости пробивного напряжения U_a и эмиссионного тока I_e (при фиксированном напряжении 3 кВ) от расстояния анод—экстрактор d, давление 50 Па

нейтрального атома возрастает, что приводит к перезарядке иона. Вновь образованный ион уже может не набрать энергии, достаточной для эффективной ион-электронной эмиссии с поверхности эмиссион-

ного электрода, что приводит к снижению тока ВТР. Поскольку пробой ускоряющего промежутка имел место в отсутствие разрядной плазмы, т.е. возникал не за счет выхода плазмы через эмиссионное отверстие в ускоряющий промежуток, то это означает, что решающее значение в инициировании пробоя имеют эффекты на поверхности эмиссионного электрода. Снижение напряженности поля при увеличении расстояния анод-экстрактор приводит к уменьшению вероятности возникновения пробоя и, как следствие, к повышению предельного напряжения.

Заключение

В результате проведенных исследований показано, что изменением расстояния анод-экстрактор в плазменном электронном источнике при повышенном давлении газа можно снизить ток ВТР и увеличить напряжение пробоя ускоряющего промежутка.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 11-08-00074-а и гранта Рособразования № 7.3101.2011.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Окс Е.М. Источники электронов с плазменным катодом: физика, техника применения. Томск: НТЛ, 2005. С. 37.
- 2. Климов А.С., Жигалкина А.С., Бурдовицин В.А. Особенности функционирования плазменного электронного источника при повышенных давлениях // Доклады ТУСУРа. 2011. № 2 (24), ч. 2, декабрь. С. 157–161.
- 3. Бурдовицин В.А., Жирков И.С., Окс Е.М., Осипов И.В., Федоров М.В. Источник электронов с плазменным катодом для генерации сфокусированного пучка в форвакуумном диапазоне давлений // ПТЭ. 2005. № 6. С. 66–68.

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ СУБМИКРОННОГО ЗАТВОРА ДЛЯ GaAs СВЧ-ТРАНЗИСТОРОВ С ВЫСОКОЙ ПОДВИЖНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОНОВ

И.В. Кулинич, студент каф. $\Phi \mathcal{P}^{1}$; Е.В. Ерофеев, инженер² г. Томск, ¹ТУСУР, ²ЗАО «НПФ «Микран»

В настоящее время в СВЧ-электронике наибольшее распространение получили гетероструктурные полевые транзисторы на основе полупроводниковых соединений $A_{\rm III}B_{\rm V}$ типа HEMT (High electron Mobility Transistor), высокое быстродействие которых обеспечивается большой подвижностью носителей заряда [1]. В настоящее время основным драйвером развития технологии изготовления HEMT-транзисторов и улучшения параметров приборов является уменьшение длины затвора [2].

Субмикронные Т-образные затворы при промышленном производстве GaAs HEMT традиционно изготавливаются с помощью электронно-лучевой литографии электронным пучком Гауссова сечения. Причем разрешающая способность данных методов во многом ограничена энергией электронов, которая лимитирована техническими характеристиками электронно-оптической системы.

Согласно данным Международной технологической дорожной карты для полупроводников редакции 2009 г. [3] серьёзных технологических проблем для выпуска НЕМТ с длиной затвора в диапазоне 130–70 нм сегодня в мире не существует. Данные этого же документа свидетельствуют о том, что полного объёма знаний, а также полностью разработанных технологий, необходимых для изготовления транзисторов с длиной затвора менее 70 нм, в мире пока нет. Ожидается, что они окончательно будут получены к 2013 г.

Таким образом, поиск способов формирования затворов длиной менее 70 нм является в настоящее время актуальной и практически значимой задачей.

В настоящей работе представлен оригинальный метод формирования затвора субмикронной длины при использовании углового напыления затворной металлизации.

В экспериментах по формированию субмикронного затвора использовались подложки полуизолирующего i-GaAs (100). Процесс формирования маски для получения Т-образного затвора заключался в последовательном нанесении методом центрифугирования со скоростями v=0–8000 об/мин на подложку пленок резистов 950РММА, LOR 5В и 495РММА с толщинами 220, 600 и 150 нм соответственно. После нанесения каждого слоя проводились операции сушки при температуре $T=180~^{\circ}$ С в течение t=5 мин с целью удаления из маски остатков растворителя. Далее производилось электронно-лучевое экспонирование сформированной резистивной маски пучком электронов Гауссова сечения диаметром 2 нм с энергией электронов 30 кэВ и током пучка порядка 50 пА.

Для формирования Т-образного профиля в маске производилось селективное жидкостное проявление проэкспонированных слоев в растворах метилизобутилкетона в изопропиловом спирте (МИБК:ИПС) и SF-9 с последующей обработкой в кислородной плазме при мощности $P=300~{\rm Br}$ в течение $t=3~{\rm muh}$.

Далее производилось угловое ориентирование пластины GaAs (5°) и напыление металлизации затвора на основе тонких пленок Ti/Pt/Au (25/25/400 нм) методом электронно-лучевого испарения в вакууме при давлении остаточной атмосферы менее $p = 9 \times 10^{-7}$ Topp.

На последнем этапе производилось удаление резистивной маски в диметилфомамиде при температуре $T=20~^{\rm o}{\rm C}$ с обработкой в изопропиловом спирте в течение t=5 мин и сушкой в потоке очищенного азота.

На рис. 1 представлены результаты моделирования процессов углового напыления тонких пленок, требуемых для формирования затвора с длиной менее 70 нм.

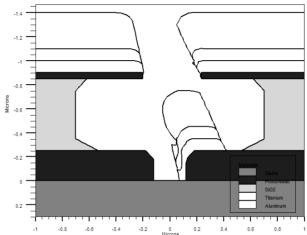


Рис. 1. Результаты моделирования процессов напыления тонких пленок, требуемых для формирования субмикронного затвора

На рис. 2 представлено микроскопическое изображение сформированного предложенным способом субмикронного затвора с длиной основания 62 нм.

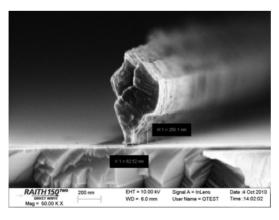


Рис. 2. Микроскопическое изображение субмикронного затвора с длиной основания 62 нм

Из рис. 1 и 2, видно, что полученные результаты практически полностью совпадают с результатами моделирования.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что использование углового напыления тонких пленок при формировании субмикронного затвора позволяет формировать затворы с длиной основания менее 70 нм при предельном размере в резистивной маске 200 нм. При этом задание требуемой длины затвора в широком диапазоне определяется углом, под которым ориентирована подложка относительно нормали в процессе напыления тонких пленок.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Шур М. Современные приборы на основе арсенида галлия. М.: Мир, 1991. 632 с.
- 2. Шахнович И. Твердотельные СВЧ-приборы и технологии. Состояние и перспективы // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2005. №5. С 58–64
- 3. Сайт Международной технологической дорожной карты [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.itrs.net/, свободный.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК Si_xN_y МЕТОДАМИ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ И ЭЛЛИПСОМЕТРИИ

И.В. Кутков, студент каф. ФЭ

Научный руководитель М.И. Пехтелев, инженер-технолог 2-й кат. 3AO «НПФ Микран» г. Томск, ТУСУР, fatilwut@mail.ru

Нитрид кремния обладает рядом достоинств, обеспечивающих его применение в производстве СВЧ МИС: низкая утечка тока, высокое пробивное напряжение, низкая плотность поверхностных состояний. Данные характеристики зависят от соотношения Si/N и содержания водородных включений в осаждаемых пленках [1].

Исследуемые пленки нитрида кремния получены по современной технологии – ICP CVD (индуктивно-связанное плазмохимическое осаждение). Низкая температура процесса позволила минимизировать деградацию производимых элементов от температуры [2].

Получаемые пленки имеют стехиометрический состав не соответствующий Si_3N_4 . Влияние на стехиометрический состав оказывают технологические параметры: мощность, подаваемая на ICP-катушку; мощность, подаваемая на нижний электрод; температура процесса; давление; соотношение потоков силана и азота.

Основная задача — исследование влияния технологических параметров на состав и свойства пленок, с целью выявления оптимального режима.

Для полной картины состава пленок $\mathrm{Si}_x\mathrm{N}_y$ использованы несколько методов исследования: значение показателя преломления и инфракрасный спектр пропускания пленки.

Образцы — пленки Si_xN_y , осажденные при различных технологических параметрах на полуизолирующих подложках из GaAs.

Измерения показателя преломления пленок. Данные снимались на эллипсометрическом комплексе «ЭЛЛИПС-1891САГ». Прибор измеряет показатель преломления системы пленка + подложка, преобразующая программа выделяет значение показателя преломления пленки при известном значении показателя преломления для подложки. Результаты измерений приведены в таблице.

 Данные измерения показателя преломления пленок

 №
 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10

 n
 2,5
 2,1
 2,87
 2,64
 1,98
 2,26
 2,03
 2,24
 2,44
 1,96

Сравнивая полученные данные с табличным значением показателя преломления $\mathrm{Si_3N_4}$ ($n=2{,}02$) и табличным значением чистого кремния ($n=4{,}01$), чем больше значение показателя преломления, тем больше кремния, связанного или несвязанного, что можно точно сказать при дополнительных исследованиях. Значение меньше $2{,}02$ говорит о недостатке кремния до стехиометрического состава $\mathrm{Si_3N_4}$.

Исследование пленок методом ИК-спектроскопии. Спектры пропускания снимались на приборе Фурье — спектрометр «Инфралюм ФТ-801». Программный комплекс прибора из системы подложка + пленка вычитает спектр подложки, снятый отдельно. Спектры 4 образцов приведены на рис. 1, предварительно преобразованные по закону Бугера [3].

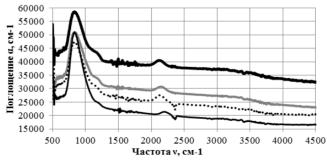


Рис. 1. ИК-спектры пленок Si_xN_y , изготовленных при различных технологических параметрах

11

На полученных спектрах видны характеристические пики в области «отпечатков пальцев»: связь Si-N — частота 840 см $^{-1}$; на частоте 1050 см $^{-1}$ заметно искажение пика — присутствует связь Si-O; 1400—1900 см $^{-1}$ — капиллярная вода; 2200 см $^{-1}$ — пик связи Si-H. Рассчитав интегральную площадь пиков, можно рассчитать концентрацию связей и построить зависимость содержания химических соединений от технологических параметров.

Наложение пиков (связи Si-O и Si-N) делает невозможным расчет концентрации связей. Из литературных источников [4] известно, что спектры имеют гауссово или лоренцево распределение. Программный пакет OriginPro 7.5 по заданному распределению и числу пиков, которые задает пользователь, производит разделение спектра на отдельные составляющие. На рис. 2 выделены основной спектр, показанный маркерами в виде квадратиков, и 3 отдельных пика, которые суммарно дают основной спектр.

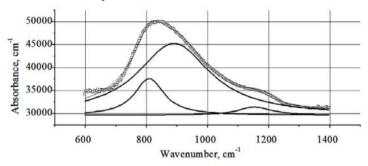


Рис. 2. ИК-спектр образца, разложенный на составляющие

Разложение спектра на две составляющие проблематично, в некоторых случаях невыполнимо, но разложение на 3 составляющие происходит быстро и с точностью 99%.

Изучение пленок $\mathrm{Si_xN_y}$ по значению показателя преломления и инфракрасному спектру пропускания исчерпало себя. Требуется обоснование результатов разложения спектров, так как известны только два пика. Ведется поиск новых методик, возможно, ответ даст тонкопленочная рентгеновская дифрактометрия.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Zhou H., Sim C., Glidle A., Hodson C., Kinsey R., Wilkinson C.D.W. Properties of Silicon Nitride by Room-Temperature Inductively Coupled Plasma Deposition. Plasma deposition of thin film. 2004. P. 77–86.
- 2. Dr. Owain Thomas. Inductively coupled plasma chemical vapour deposition (ICP-CVD). Oxford Instruments Plasma Technology Ltd. 2010. 14 c.

- 3. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ- ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М.: Высш. школа, 1971. 264 с.
- 4. Исакова О.П., Тарасевич Ю.Ю., Юзюк Ю.И. Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета Origin. Анализ и обработка спектров. Ростов н/Д: Южный федеральный университет. 2007. 76 с.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КЕРАМИКИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В ФОРВАКУУМЕ

Ю.Г. Юшков, аспирант каф. физики; А.А. Малышкин, студент 5-го курса, каф ЭП; А.В. Медовник, доцент каф. физики, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, YuYushkov@sibmail.com

При облучении материалов потоками частиц необходимо знать температуру поверхности образца, особенно это важно, когда на поверхности уже сформирована структура, которая в процессе обработки не должна измениться. Целью данной работы являлось измерение температуры поверхности алюмооксидной керамики ВК94 при ее облучении импульсным электронным пучком.

Для обработки керамики использовался форвакуумный импульсный источник электронов с плазменным катодом [1]. Схема экспери-

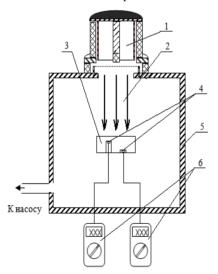


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 - плазменный электронный источник; 2 - электронный луч; 3 - керамика; 4 - термопары; 5 - камера; 6 - мультиметры

мента представлена на рис. 1. Плазменный источник электронов I генерирует в импульсном режиме электронный пучок 2, которым облучается одна из граней керамической пластины. Источник функционирует в интервале давлений 5-20 Па, что делает возможным обработку диэлектрических материалов практически без потерь энергии [2].

Поскольку непосредственное измерение температуры поверхности представляет собой нетривиальную задачу, в данной работе эта температура определялась косвенным образом. Для этого в керамической пластине были просверлены несквозные отверстия глуби-

ной 0,2 и 2,5 мм при полной толщине, равной 3,6 мм. В эти отверстия были установлены термопары 4, подключенные к мультиметрам 6. Определение поверхностной температуры производилось путем экстраполяции в приближении линейной зависимости температуры от глубины. Электронно-лучевая обработка производилась в нескольких режимах при различных ускоряющих напряжениях и частоте.

Как показали эксперименты (рис. 2), при облучении керамики периодическими импульсами температура образца монотонно возрастала с тенденциями к насыщению. При выключении пучка наблюдался спад температуры. На рис. 2 (кривая I) представлена расчетная температура на поверхности керамики.

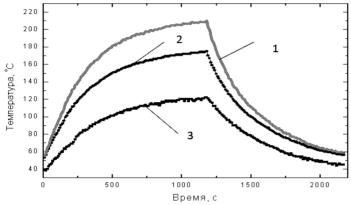


Рис. 2. Распределение температуры в керамике: I – расчетное значение температуры на поверхности; 2, 3 – термопары ($I_{\rm 3MHCHH} = 50$ A, $U_{\rm VCK} = 5$ кВ, f = 1 Γ ц)

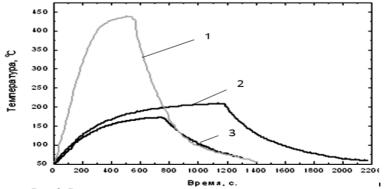


Рис. 3. Распределение температуры на поверхности керамики: $I-I_{\rm ЭМИСИИ}=50~{\rm A};~U_{\rm УСК}=10~{\rm \kappa B}, f=1~\Gamma {\rm II};~2-I_{\rm ЭМИСИИ}=50~{\rm A};~U_{\rm УСК}=5~{\rm \kappa B};~f=1~\Gamma {\rm II};~3-I_{\rm ЭМИСИИ}=50~{\rm A};~U_{\rm УСК}=10~{\rm \kappa B}; f=0,3~\Gamma {\rm II}$

На рис. З представлены зависимости расчетных температур на поверхности керамики при различных режимах облучения. Как видно из графиков температура на поверхности керамики растет с увеличением ускоряющего напряжения (кривые 1 и 3), и падает при уменьшении частоты следования импульсов, что является следствием изменения мощности электронного пучка. Понятно, что приведенные величины представляют собой усредненные значения температуры, устанавливающиеся в промежутке между импульсами. Как следует из результатов работы [3], в течение импульса тока температура может значительно превышать средние значения и повышаться до уровня плавления и даже испарения материала. Максимальная температура определяется как параметрами пучка, так и средней температурой, установившейся к началу очередного импульса. Результаты настоящей работы позволяют прогнозировать эту максимальную температуру, а следовательно, и управлять процессом обработки керамики.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №10-08-00257-а.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Юшков Ю.Г. Форвакуумный плазменный источник импульсных электронных пучков / Ю.Г. Юшков, В.А. Бурдовицин А.В. Медовник, Е.М. Окс // ПТЭ. 2011. № 2. С. 85–88.
- 2. Медовник А.В. Электронно-лучевая обработка керамики / А.В. Медовник, В.А. Бурдовицин, А.С. Климов, Е.М. Окс // Физика и химия обработки материалов. 2010. № 3. С. 39-44.
- 3. Юшков Ю.Г. Модификация поверхности керамики импульсным электронным пучком, генерируемым форвакуумным плазменным источником / Ю.Г. Юшков, В.А. Бурдовицин, Е.М. Окс, Е.В. Скробов // Перспективные материалы. 2011. №6. С. 1–6.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ

А.В. Мошкина, О.Л. Роденко, В.А. Гущин, П.Е. Сим, студенты каф. ФЭ

Научный руководитель И.А. Чистоедова, доцент, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, aleksandra moshkina@mail.ru

Одной из основных характеристик эффективности светодиодов является внешний квантовый выход, величина которого на сегодня составляет 35% для синих светодиодов.

Внешний квантовый выход можно увеличить несколькими путями.

- 1. Созданием микрорельефа на поверхности кристалла.
- 2. Нанесением просветляющего покрытия на поверхность.
- 3. За счет увеличения площади рассеивающей свет поверхности.

Внешняя квантовая эффективность светодиодного кристалла определяется двумя основными величинами — внутренней эффективностью полупроводниковой гетероструктуры и эффективностью вывода света из светодиодного кристалла. Основным физическим эффектом, ограничивающим эффективность вывода света, является эффект полного внутреннего отражения на границе материала с высокой оптической плотностью (полупроводника) и материала с низкой оптической плотностью (сапфировой подложки и (или) воздуха). Для светодиодных кристаллов на основе AlGaN-гетероструктур критический угол составляет $\sim 23^\circ$ (показатели преломления GaN и сапфира 2,5 и 1,6 соответственно), и, следовательно, вывод света с поверхности кристалла не превышает 5%.

Для получения максимального эффекта просветления были проведены расчеты критического угла полного внутреннего отражения для различных покрытий. Для светодиодных кристаллов на основе InGaN-гетероструктур критический угол составляет $\sim 23^\circ$ (показатели преломления GaN и воздуха равны 2,5 и 1,0, соответственно). Для комбинации GaN и оптического покрытия SiO2 (показатели преломления GaN и SiO2 равны 2,5 и 1,45 соответственно) критический угол $\sim\!\!35,5^\circ$. Для комбинации GaN и оптического покрытия ITO (показатели преломления GaN и ITO равны 2,5 и 1,9 соответственно) критический угол $\sim\!\!49,5^\circ$.

Излучение, падающее на поверхность раздела полупроводник — воздух под углом, меньшим критического, выводится из кристалла, а под углом, большим критического, испытывает полное внутреннее отражение. Если коэффициент поглощения света веществом кристалла велик, то все отраженное световыводящей поверхностью излучение поглотится внутри кристалла.

Нанесение оптического покрытия приводит к увеличению угла полного внутреннего отражения и позволяет повысить эффективность вывода света из светодиодного кристалла.

Также внешний квантовый выход увеличивается при создании микрорельефа на поверхности, представляющего собой множество микропирамид. Излучение, попадая на поверхность пирамиды, отражается под тем же углом и в большинстве случаев попадает на грань соседней пирамидки. При этом только за счет создания микрорельефа на поверхности удается снизить коэффициент отражения кремния с 35 до 11%.

Микрорельефные поверхности формируют как во внешнем слое (ITO), так и непосредственно в GaN. С целью создания микрорельефных поверхностей используются различные методы травления сапфи-

ра: *n*-GaN, *p*-GaN, ITO, позволяющие увеличить внешнюю квантовую эффективность светодиодного кристалла.

Исходя из анализа литературы, в основном микрорельеф создают диаметром 0,1–0,5 мкм, шагом (периодом) 0,3–0,5 мкм.

В данной работе микрорельефные поверхности были созданы в просветляющем покрытии SiO_2 на кремнии. На поверхность кремниевой пластины наносится просветляющее покрытие из диоксида кремния (SiO_2) с оптической толщиной, соответствующей $\lambda/4$, методом магнетронного распыления. С целью уменьшения негативного воздействия плазмы на структуру проводится отведение электронного пучка из зоны осажления.

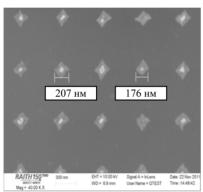


Рис. 1. Микрорельефная поверхность в виде пирамидок

В эксперименте по отработке технологии формирования микрорельефа толщина пленки SiO_2 (n=1,41) составила 80 нм для длины волны $\lambda=455$ нм. В просветляющем покрытии из диоксида кремния (SiO_2) была сформирована микрорельефная поверхность упорядоченной структуры в виде наноострий.

На рис. 1 представлено изображение поверхности с наностриями, сформированными с помощью электронно-лучевой литографии на установке Raith

150 в НОЦ «Нанотехнология». Расстояние между остриями 350 нм, диаметр основания острия 210 нм.

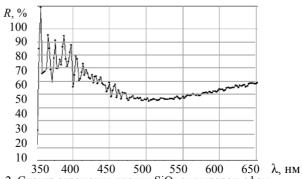


Рис. 2. Спектр отражения пленки SiO_2 с микрорельефом

Оптические характеристики пленки SiO_2 , нанесенной на кремний, были исследованы с помощью лазерного эллипсометра ЛЭМ-3: SiO_2 : n = 1,45, d = 98 нм; SiO_2 (с микрорельефом): n = 1,46, d = 93 нм.

На рис. 2 приведены спектры отражения для пленки ${\rm SiO_2}$ с микрорельефом.

Оптические характеристики исследовались на рабочей длине волны лазерного эллипсометра 632,8 нм. Результаты приведены в таблице.

Оптические характеристики пленки SiO₂, нанесенной на кремний

Вид пленки	Коэффициент отражения, %		
	$\lambda = 632.8 \; \text{HM}$		
Si	30		
$Si + SiO_2$	40		
Si + SiO ₂ (с микрорельефом)	55		

Анализ экспериментальных результатов показывает, что при формировании в пленке ${\rm SiO_2}$ микрорельефа коэффициент отражения увеличивается с 30 до 55%.

Проект ГПО ФЭ-1103 – «Повышение внешнего квантового выхода светодиодов».

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСАЖДЕНИЯ НА СЛОЖНЫЕ ПРОФИЛИ

С.В. Петрухин, студент каф. ФЭ

Научный руководитель: Т.И. Данилина, проф., к.т.н. г. Томск, TVCVP

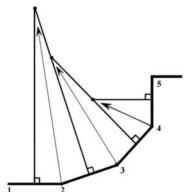
Моделирование физических процессов на основе физико-математических моделей является одной из актуальных задач в микро- и наноэлектронике на сегодня. Так, например, для создания МДМ-катодов необходимо получение регулярной структуры, состоящей из наноострий с осажденным на ней диэлектриком. Форма осажденных слоев оказывает непосредственное влияние на характеристики готовых приборов такой структуры, так как в процессе осаждения пленок на микрорельефную поверхность сложной формы возникают трудности, связанные с неравномерным распределением толщины пленки на различных участках рельефа. Целью работы является разработка программы, позволяющая моделировать процесс осаждения диэлектрической пленки на сложные профили при различных видах и размерах источника: от точки до диска и различные расстояния от поверхности до источника

Результаты работы

Для моделирования процесса осаждения была выбрана «модель струны», так как данная модель обладает большой функциональностью и достаточно точно отражает изменение рельефа поверхности. Данная модель была также использована в предыдущей работе по осаждению пленок на наноострийную поверхность [1].

В методе «струны» граница между обработанной и необработанной областями аппроксимируется набором точек, соединенных между собой прямыми отрезками. Результирующий профиль обработанной поверхности определяется положением первоначального профиля, который двигается через среду с учетом того, что скорость распространения в каждой точке является функцией локальных переменных. В каждой из этих точек проверяется затенение точки для данного угла падения частиц. Если точка затенена, то влияние данного источника не учитывается [2].

После проверки условия затенения для каждой точки «струны» производится суммирование скоростей осаждения от тех элементар-



ных источников, для которых данная точка не затенена. При моделировании осаждения процесс представляется как «травление с отрицательной скоростью». Каждый из узлов «струны» движется со скоростью вдоль биссектрисы угла между перпендикулярами к соседним прямолинейным отрезкам (рис. 1).

Рис. 1. Схема роста пленки

Схема расположения источника представлена на рис. 2. Зная скорость осаждения и направление роста в каждой точке, рассчитываются приращения за малый промежуток времени, и процесс повторяется сначала.

Физический механизм включался в модели параметрами процесса: скоростью, временем осаждения, размерами источника и расстоянием от источника до профиля.

Анализ полученных результатов

В ходе данной работы была разработана программа, позволяющая моделировать процесс осаждения на сложные профили с изменяемыми параметрами осаждения, такими как расстояние от источника до профиля, размеры конфигурация источника, скорость осаждения и время.

Разработанная программа позволяет получать двухмерное изображение структуры. Осаждение моделируется на сложную поверхность, например Т-образный затвор.

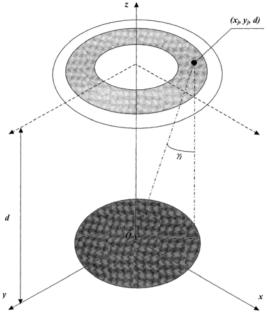


Рис. 2. Схема расположения источника

Было проведено моделирование структуры, состоящей из Т-образного затвора, с разными видами и размерами источника (рис. 3). Данная структура используется для создания СВЧ-транзисторов.

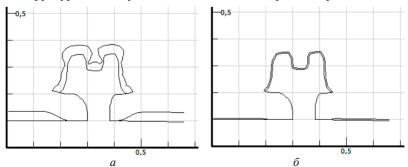


Рис. 3. Пример осаждения на Т-образный затвор: t= 10 мин, V = 0,005 мкм/мин (a – источник диск r = 3 см, h = 8 см; δ – источник точка r = 0,05 см, h = 8 см)

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Петрухин С.В. Моделирование процессов осаждения пленок на наноострийную поверхность // Матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2011». Томск, 2011. Ч. 2. С. 47–50.
- 2. Нойрейтер Э.Р. Модели и алгоритмы для моделирования рельефа поверхности полупроводниковой пластины // Моделирование полупроводниковых приборов и технологических процессов / Под ред. Д. Миллера. М.: Радио и связь, 1989. С. 64–67.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ТРАВЛЕНИЯ ПОДЗАТВОРНОГО ЗАГЛУБЛЕНИЯ

Ю.Н. Поливанова, магистрант каф. ФЭ;

О.Л. Акимова, инженер-технолог ЗАО НПФ «Микран»; И.В. Кутков, студент каф. ФЭ

Научный руководитель Т.С. Килина, нач. лаборатории коммутационных МИС ЗАО НПФ «Микран» г. Томск, ТУСУР, ypolivanova@bk.ru

Селективное травление является одним из важнейших и определяющих этапов технологического процесса изготовления интегральных схем на основе транзисторов с высокой подвижностью электронов (рНЕМТ).

Основной задачей данной работы является определение влияния качества воды на селективность травления подзатворного заглубления.

Селективное травление позволяет проводить последовательное удаление слоев гетероэпитаксиальных структур на основе соединений АЗВ5 и их твердых растворов, имеющих различный химический состав. Для травления подзатворной области транзистора был использован лимонный травитель, в состав которого входят лимонная кислота, перекись водорода и раствор аммиака.

Травление упрощенно можно представить как окислительновосстановительный процесс, протекающий через две основные стадии: окисление поверхностных атомов; растворение продуктов окисления с последующим переходом в раствор. Основным окислительным процессом является взаимодействие GaAs с ионом O_2 — по следующим химическим реакциям:

$$2GaAs + 3H2O2 = Ga2 O3 + As2O3 + 3H2,
 $4GaAs + 3H2O2 = 2Ga2O3 + 4As + 3H2.$$$

Затем происходят реакции восстановления, например с образованием метамышьяковой кислоты:

$$As_2 O_3 + H_2O = 2HAsO_2.$$

Каждая из этих стадий может, в свою очередь, состоять из ряда промежуточных и сопутствующих химических реакций.

Процесс травления содержит три основных операции:

- 1. Удаление оксидов в растворе соляной кислоты.
- 2. Селективное травление.
- 3. Контроль и измерения.

Вода имеет непосредственное влияние на качество травления, так как входит в состав раствора для удаления оксидов (раствор соляной кислоты), селективного травителя и промывки образцов. Контроль образцов проводился методами: профилометрии, сканирующей электронной и оптической микроскопии. Образцы контролировались по следующим параметрам.

Скорость травления GaAs:

$$V_{\text{Tp.GaAs}} = \frac{h_{\text{l}}}{t_{\text{l}}}$$
;

где h_1 – глубина травления слоя GaAs; t_1 – время травления слоя GaAs. Скорость травления AlGaAs:

$$V_{\text{Tp.AlGaAs}} = \frac{h_2 - h_1}{t_2}$$
,

где h_2 – глубина травления общая; t_2 – время травления слоя AlGaAs. Время травления AlGaAs:

$$t_2 = t_{\text{общ}} - t_2,$$

где $t_{\text{общ}}$ – время травления общее.

Селективность травления:

$$S = \frac{V_{\text{Tp.GaAs}}}{V_{\text{Tp.AlGaAs}}},$$

где S — селективность травителя.

Полученные результаты представлены в таблице.

Влияние качества воды на селективность травления

Тип очистки воды	Глубина	Глубина	$V_{\rm rp}$, GaAs,	$V_{\rm rp}$,	S-селек-
	травления за	травления за	Å/мин	AlGaAs,	тивность
	0,5 мин h1 Å	1 мин h2 Å		Å/мин	
Деионизованная	504	793	1008	397	2,5
$CO_2 = 1000 \text{ мкг/л}$					
Бидистиллиро-	577	806	1154	354	3,3
ванная					
Дегазированная	614	690	1228	97,5	12,5
$CO_2 = 10 \text{ мкг/л}$					
Очистка Milli-Q	608	709	1216	117	10,3

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что селективность травителя на основе лимонной кислоты, раствора аммиака и перекиси водорода зависит от степени очистки воды, самая большая селективность характерна для травителя, приготовленного на дегазированной воде, она составила 12,5.

ЗАВИСИМОСТЬ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЮМИНОФОРА ОТ ЕГО ТОЛШИНЫ

О.Л. Роденко, А.В. Мошкина, П.Е. Сим, В.А. Гущин, студенты каф. ФЭ

Научный руководитель С.В. Смирнов, проф., д.т.н. г. Томск, ТУСУР, olga.rodenko@gmail.com

Цветовые характеристики системы «синий светодиод–люминофор» определяются четырьмя параметрами: спектром люминесценции люминофора, длиной волны синего светодиода (обычно 455 нм), концентрацией порошка люминофора в люминофорной суспензии и толщиной пленки суспензии. Оптимальными параметрами являются такие параметры, при которых координаты цветности системы максимально близко приближаются к координатам цветности белого света.

В данной работе были исследованы 4 образца люминофоров: 3 образца ФЛЖ-7-11 (производство Россия) и 1 образец AWB-3 (производство Тайвань) различной толщины. На рис. 1 представлены спектры пропускания излучения от мощного источника (лампа белого света), полученные на УФ-спектрометре USB-2000.

Коэффициент пропускания люминофора увеличивается при уменьшении его толщины, что видно из рис. 1. То есть чем меньше толщина люминофора, тем больше синего света проходит сквозь люминофор.

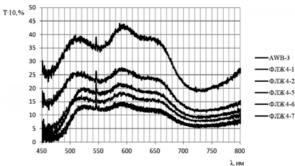


Рис. 1. Спектры пропускания света от мощного источника излучения

Далее была исследована система «синий светодиод-люминофор». Смонтирована установка так, чтобы излучение синего светодиода попадало на люминофор. Излучение белого света, фиксированное спектрометром, является суммой синего света светодиода и излучения люминофора в желто-красной области, возбуждаемого светодиодом. Полученые спектры излучения образцов, возбуждаемых синим светодиодом фирмы KnightBright (Тайвань), приведены на рис. 2.

Люминофор имеет максимум в спектре люминесценции при 580—680 нм с полушириной полосы излучения 120—140 нм и при смешивании с излучением светодиода дает белый свет с цветовой температурой 4000—5000 К. С помощью цветовой диаграммы МКО и функций согласования цвета из спектров излучения системы «синий светодиод—люминофор» рассчитаны цветовые температуры излучения образцов.

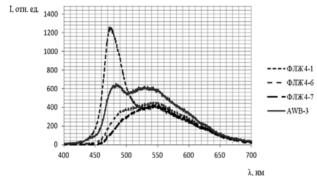


Рис. 2. Спектры излучения системы «синий светодиод-люминофор»

Таким образом, излучение образца 4—1 имеет наиболее ярко выраженный пик на длине волны синего света, и 4—1 имеет меньшую толщину, чем образцы 4—6 и 4—7. В свою очередь в спектрах этих образцов преобладает излучение в желто-красной области, то есть преимущественно излучение люминофора. Оптимальное значение цветовой температуры, к которому стремятся изготовители белых светодиодов, находится в диапазоне нейтрального белого света (4000÷5000) К. Таким образом, наиболее приближено к нейтральному белому свету излучение образцов 4—7, 4—6 и AWB-3.

Получены спектры излучения образцов, возбуждаемых с помощью излучающего синий свет светодиода большой мощности «Техас» с длиной волны в максимуме 455 нм. Данные спектры содержат только излучение люминофора без излучения светодиода. Измерения осуществлялись на «просвет», т.е. при прохождении синего света светодиода сквозь слой люминофора, нанесенного тонким слоем в 20–50 мкм на

поверхность стекла. Напряжение на светодиоде составляло 3,62 В, ток 200 мА. Спектры люминесценции приведены на рис. 3. Наличие нескольких максимумов в спектр свидетельствует о неоднородности состава иттрий-гадолиниевого граната.

n				_
Киячения	HRETOROU	температур	ы изпучени	ศ กกทรรบกห

Образец	Толщина, мкм	Цветовая температура, К
ФЛЖ 4-1	296	8822
ФЛЖ 4-6	440	4707
ФЛЖ 4-7	558	4395
AWB-3	210	5662

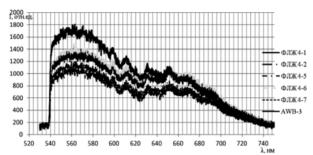


Рис. 3. Спектры излучения образцов, возбуждаемых синим светом светодиода

С уменьшением толщины слоя люминофора уменьшается интенсивность его излучения. Образец AWB-3 имеет намного большую интенсивность излучения при толщине 210 мкм. Это объясняется тем, что люминофоры марок ФЛЖ-7-11 и AWB-3 имеют различную концентрацию порошка люминофора. Очевидно, что в AWB-3 концентрация больше.

Сделаны следующие выводы:

- 1) При уменьшении толщины слоя люминофора коэффициент пропускания увеличивается. Коэффициент пропускания образца толщиной 86 мкм составляет 3.7% на длине волны 525 нм; образца толщиной 558 мкм -1.25% на той же длине волны.
- 2) С уменьшением толщины слоя люминофора возрастает цветовая температура излучения системы «синий светодиод–люминофор»: у образца толщиной 296 мкм цветовая температура излучения составляет 8822 К; у образца с толщиной 558 мкм 4395 К.
- 3) Интенсивность излучения люминофора, возбуждаемого синим светодиодом, уменьшается с уменьшением толщины слоя люминофора.

Проект ГПО Φ Э-1101 — «Организация лаборатории светодиодных технологий».

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОЛОМ

А.Л. Астафьев, К.С. Кузнецов, Е.В. Николаев, О.А. Сарвенков, студенты 4-го курса

Научный руководитель Ю.В. Сахаров, доцент каф. ФЭ г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, sarvenkov@mail.ru

Твёрдые материалы с низкими значениями диэлектрической проницаемости перспективны для применения в наноэлектронике. Использование этих материалов в качестве изоляционных прослоек в наносхемах позволяет заметно повышать скорость распространения электрических сигналов и снижать диэлектрические потери. Низкие значения диэлектрической проницаемости обычно получаются внедрением в твёрдые диэлектрические материалы воздуха в виде пор.

Отличительной особенностью предлагаемого проекта является применение нового подхода к формированию пористых пленочных диэлектриков — модификация их путем введения углерода. В качестве основы разрабатываемой технологии предлагаются вакуумные методы получения диэлектрических пленок диоксида кремния путем распыления составной кремниево-углеродной мишени сформулированным ионным пучком или в плазме магнетронного разреза в среде рабочего газа.

Целью работы являлось исследование электрических характеристик пористых пленок диоксида кремния с различным количеством введенного углерода.

Исследования проводились на структурах Al-SiO₂+C-Al, нанесенных на стеклянную подложку. Пористый SiO₂ получался методом магнетронного распыления составной мишени Si+C в смеси газов Ar+O₂. В качестве электродов МДМ структуры использовались пленки Al, полученные методом термического испарения в вакууме. Толщина диэлектрической пленки составляла 140 нм, толщина электродов 100 нм. Количество углерода, вводимого в пленку SiO₂, варьировалось путем изменения площади, занимаемой графитовым диском на кремневой мишени, – S_c .

В работе были исследованы наиболее важные параметры диэлектрической пленки с точки зрения ее практического применения: тангенс диэлектрических потерь, электрическая прочность и диэлектрическая проницаемость.

В результате проделанной работы были получено, что с увеличением S_c диэлектрическая проницаемость пленки уменьшается с 5,1 до 3,25 (рис. 1), при этом тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta$

уменьшается от 0,2 для структуры без добавления углерода ($S_{\rm c}$ = 0%) до 0,003 при $S_{\rm c}$ = 50%.

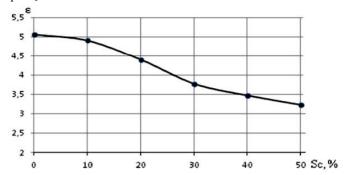


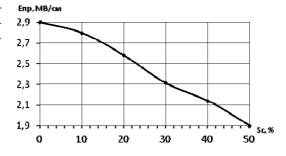
Рис. 1. Зависимость диэлектрической проницаемости от площади закрытия кремниевой мишени $S_{\rm c}$

Уменьшение диэлектрической проницаемости пленок SiO_2+C с ростом S_c может означать, что в диэлектрической пленке образуются фазы, диэлектрическая проницаемость которых меньше, чем у диоксида кремния. Содержание графита в больших количествах исключается, так как диэлектрическая проницаемость графита выше, чем у диоксида кремния. Малой величиной є обладают только органические материалы и газы. Присутствие в диэлектрической пленке SiO_2+C органических материалов невозможно, поэтому уменьшение диэлектрической проницаемости можно объяснить только содержанием газовых фаз и наличием пор в диэлектрике. Также наблюдалось уменьшение тангенса диэлектрических потерь $tg\delta$ с ростом S_c , что не согласуется с данными похожих измерений [1].

Начало пробоя в таких диэлектрических пленках происходило одновременно в нескольких участках, предположительно имеющих высокую дефектность. В качестве структурных дефектов мы предполагаем наличие кластеров с деформированными связями кремния и кислорода, которые обладают повышенной проводимостью. Большая плотность дефектов способствует протеканию локальных токов высокой плотности, приводящих к локальному разогреву и последующему разложению диэлектрика. Таким образом, развитие пробоя в структурах происходило одновременно в нескольких местах и сопровождалось сильным искрением с последующим выгоранием пленки верхнего электрода. Среднее значение электрической прочности для структур Al-SiO₂+C-Al с Sc=50% составляло порядка 1,9×10⁶ B/см, причем с ростом количества пробоев это значение достигало 3×10⁶ B/см (рис. 2).

Подобный вид пробоя наблюдается в диэлектриках с повышенной дефектностью [2].

Рис. 2. Зависимость электрической прочности первого пробоя структуры ${\rm Al-SiO_2-Al}$ от $S_{\rm c}$



Таким образом, можно сказать, что введение углерода в диэлектрическую матрицу SiO_2 приводит к формированию рыхлой развитой поверхности диэлектрика, содержащего большое количество локальных дефектов в виде пор и газовых включений, а также областей неполного окисления кремния.

Проект ГПО ФЭ-0716 – «Нанотехнология углеродистых пленок».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Усов С.П. Исследование электрофизических свойств пористых многофункциональных пленок диоксида кремния. Томск, 2010. 115 с.
- 2. Корзо В.Ф. Диэлектрические пленки в микроэлектронике / В.Ф. Корзо, В.Н. Черняев. М.: Энергия, 1977. 368 с.

ИЗМЕРЕНИЕ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ

П.Е. Сим, О.Л. Роденко, А.В. Мошкина,

В.А. Гущин, студенты каф. ФЭ

Научный руководитель С.В. Смирнов, проф., д.т.н. г. Томск, ТУСУР, nezt@ya.ru

Актуальность данной темы связана с революционным совершенствованием светодиодов. С помощью регулировки яркости и цветности светоизлучающих диодов можно задавать суточный ритм или биоритм человека, определять индивидуальные психофизиологические особенности. Улучшения в цене за люмен и качество освещения ярких светодиодов (HB-LEDs) сопоставимы с законом Мура. Целью данной работы является разработка методики измерения колориметрических характеристик полупроводниковых излучающих диодов.

Одной из важнейших характеристик светоизлучающих диодов является цветовая температура. Для определения цветовой температуры

необходимо рассчитать цветовые параметры, которые задаются спектром излучения исследуемого прибора и функциями согласования цвета. Так как сама подынтегральная функция не задана аналитически, а представлена в виде массива значений в узлах некоторой расчётной сетки, воспользуемся методом левых прямоугольников для вычисления цветовых параметров:

$$X = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} P(\lambda) \overline{x}(\lambda) d\lambda = \sum_{i=0}^{n-1} (P(\lambda_i) \cdot \overline{x}(\lambda_i) (\lambda_{i+1} - \lambda_i)).$$

Значения Y,Z вычисляются аналогично. Данные параметры отображают возбуждение каждой группы колбочек человеческого глаза, при попадании на них излучения от источника со спектральной функцией $P(\lambda)$ (интегрирование ведется в видимом диапазоне длин волн 390–720 нм). В качестве функций согласования цвета использовались значения функций согласования $\overline{x}, \overline{y}, \overline{z}$ соответствующие цветовой диаграмме МКО.

Координаты цветности определяются следующим образом:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} .$$

Значения координат цветности y и z определяются аналогично. Следует заметить, что координата z может быть получена из x и y, следовательно, она не несёт никакой новой информации и её можно не использовать.

В качестве примера был выбран белый светоизлучающий диод с характерной для него цветовой температурой 5500 К при токе 100 мА. На рис. 1 отображен спектр излучения данного полупроводникового светодиода с нанесенными на график функциями согласования цвета.

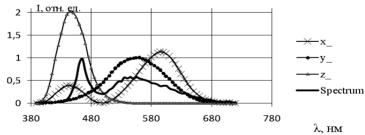


Рис. 1. Спектр излучения исследуемого светодиода и функции согласования цвета

Следовательно, можно определить цветовую температуру данного светоизлучающего диода. Полученные значения функций согласования цвета представлены в табл. 1.

Цветовая температура и коэффициент P определяются из следующих соотношений:

$$P = \frac{x - 0.332}{y - 0.1858},$$

$$T = 5520.33 - 6823.3 \cdot P + 3525 \cdot P^2 - 449 \cdot P^3.$$

Таблица 1 Значения функций согласования цвета для White LED при 100 мА

one remain by madin coronecopularity about Active the parties and						
х	y	Z	P	<i>T</i> , K		
0,331	0,380	0,289	0,004992	5554,48		

Следует заметить, что при изменении угла излучения светоизлучающего диода меняется его спектр излучения, следовательно, цветовая температура. Данное явление может быть вызвано неравномерностью нанесения люминофора. Так, при $\Phi=0^\circ$ цветовая температура одного из образцов составила 6500 K, когда при $\Phi=15^\circ$ T=6569 K, то есть цвет свечения стал более «холодным». В ходе выполнения поставленного задания был собран макет, напоминающий по конструкции обычный гониометр, то есть изменялся угол излучения светоизлучающего диода и с помощью спектрометра Ocean Optics 2.0, рассчитывалась цветовая температура светодиода посредством снятия спектра. В табл. 2 приведены рассчитанные значения цветовых температур при изменении угла излучения светоизлучающего устройства.

Таблица 2

Значен	ия цветовых т	гемператур п	ри изменении угла излучения СИД			
Ф,°	-30	-15	0	15	30	
T,K	6573	6578	6500	6569	6580	

Такой диапазон угла излучения был выбран из соображения, что для данного типа светодиодов спад интенсивности вдвое, на диаграмме направленности происходит при значении угла наблюдения, равном $\alpha=30^\circ.$

В результате проделанной работы был разработан метод расчета цветовой температуры светоизлучающих диодов с помощью их спектров излучения, в соответствии со стандартами МКО. Полученные значения цветовой температуры позволяют судить о содержании той или иной компоненты цвета в заданном излучении (по координатам цветности) и, соответственно, сравнивать полученые значения со стандартами. Также при помощи гониометрического метода была снята зависимость спектра излучения светоизлучающего устройства от угла наблюдения, а затем, соответственно, посчитана цветовая температура для каждого угла. Различия в цветовых температурах объясня-

ются неравномерным нанесением люминофора на кристалл и корпусом, также вносящим искажения в измерения.

Проект ГПО ФЭ-1101 – «Организация лаборатории светодиодных технологий».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Шуберт Ф. Светодиоды. М.: Физматлит, 2008. 496 с.
- 2. Bugno P. Characterization and reliability of blue and white GaN-based LEDs submitted to current and thermal stress // Anno Academico. 2010. P. 105.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Д.И. Засухин, И.В. Кутков, Ю.Н. Поливанова, студенты каф. ФЭ Научный руководитель П.Е. Троян, проф., зав. каф. ФЭ г. Томск, ТУСУР, zdinnocent@yandex.ru

Свойства тонких пленок в значительной степени определяются способом их получения, а также материалом и качеством поверхности подложки, составом распыляемой мишени, составом рабочих газов и применяемых химических реактивов.

В результате добавления углерода в состав тонких пленок SiO₂, осуществляемого путем распыления графитовых дисков в составе кремниевой мишени, в них происходят необратимые изменения структуры, приводящие к образованию пор. Наличие пор делает созданную систему принципиально новым объектом по сравнению с исходной структурой [1].

В данной работе представлены результаты исследования газочувствительных свойств элементов на основе диоксида кремния, модифицированного углеродом (SiO_2+C).

Принцип действия газочувствительного элемента (ГЧЭ) основан на том, что в результате физической адсорбции молекул газа на поверхности диэлектрика его поверхностное сопротивление изменяется пропорционально числу адсорбированных молекул (или концентрации газа в воздухе).

К основным требованиям, предъявляемым к ГЧЭ, относятся высокая чувствительность и селективность по отношению к детектируемым газам, стабильность параметров в процессе хранения и эксплуатации, низкая инерционность сигнала и по возможности малая величина потребляемой мощности [2].

Пленки SiO_2+C имеют очень развитую поверхность. Причем степень пористости и рельеф поверхности зависят от количества графита в составе мишени Si-C. Трехмерные изображения, полученные с по-

мощью атомно-силового микроскопа, также показали наличие достаточно крупных образований в пленке.

Наличие развитой поверхности за счет пор в пористом диоксиде кремния, модифицированном углеродом, делают его перспективным материалом для чувствительного элемента сенсоров.

Для исследования были изготовлены образцы ГЧЭ с различными характеристиками, структура которых представлена на рис. 1.

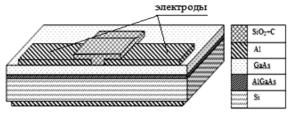


Рис. 1. Структура ГЧЭ

Образцы ГЧЭ исследовались по следующим характеристикам:

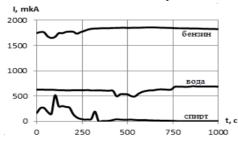
1. Зависимость чувствительности ГЧЭ от ширины зазора между электродами и от толщины слоя диэлектрика.

Исследовались структуры с различной шириной зазора и толщиной слоя диэлектрика. Из полученных результатов замечено, что токи тем больше, чем меньше зазор. Так как ток протекает по полупроводнику под диэлектриком в зазоре, то чем больше зазор, тем больше сопротивление.

Также видно, что токи, протекающие через структуру, тем больше, чем больше толщина диэлектрика. Чем больше количество пор в пленке, тем больше молекул газа могут быть адсорбированы [3]. Также было замечено, что чем больше толщина диэлектрика, тем стабильнее работает датчик.

2. Время адсорбционного отклика.

Важным параметром является то, как ведет себя ГЧЭ с момента напуска газа. Для этого при напряжении 6 В, подаваемом на структуру, снимались значения тока через каждые 20 с, при этом первые 300 с –



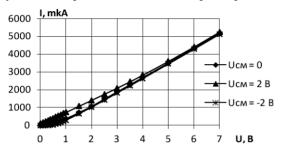
процесс напуска газа в рабочую камеру (отсчет начинался в момент начала кипения жидкости — источника паров).

Рис. 2. Временная характеристика ГЧЭ

Как видно, быстрее всех равновесие установилось с парами бензина, затем идет спирт и дольше всех вода, что, скорее всего, связано с активностью молекул вещества.

3. Влияние на чувствительность напряжения, подаваемого на подложку.

При подаче положительного $U_{\rm cm}=2$ В относительно верхнего электрода, вольт-амперная характеристика стремится к прямой линии. При малых напряжениях при положительном смещении происходит усиление протекающего тока, при обратном смещении происходит



уменьшение тока. При достижении напряжения около 7 В значения токов выравниваются (рис. 3).

Рис. 3. ВАХ ГЧЭ

Как видно из зависимостей, происходит выравнивание кривой и усиление протекающего тока через структуру.

Исходя из проведенных исследований, возможно практическое применение диоксида кремния, модифицированного углеродом в качестве материала для ГЧЭ.

Проект ГПО Φ Э-0903 — «Разработка технологии пористых многофункциональных пленок диоксида кремния».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Поливанова Ю.Н. Исследование пористых многофункциональных пленок диоксида кремния, модифицированного углеродом: Выпускная квалификационная работа. Томск: ТУСУР, 2011. 43 с.
- 2. Петров В.В. Технологические основы создания твердотельных сенсоров газов на основе нанокомпозитных оксидных материалов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Таганрог: Технологический институт Южного федерального университета, 2011. 39 с.
- 3. Усов С.П. Исследование электрофизических свойств пористых многофункциональных пленок диоксида кремния: дис. ... канд. техн. наук. Томск: ТУСУР, 2010. 115 с.

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ И МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В МАТРИЦЕ СВЕТОДИОДА

Ю.С. Жидик, Н.В. Кайбагоров, студенты каф. ФЭ

Научный руководитель П.Е. Троян, проф., д.т.н. г. Томск, ТУСУР, Zhidikyur@mail.ru

Не останавливающийся прогресс в области совершенствования полупроводниковых источников света необратимо завоевывает все новые области применения светодиодов и, соответственно, требует от них гораздо большей эффективности. Один из способов увеличения светоотдачи – повышение мощности, рассеиваемой в активной области гетероструктуры светодиода. В то же время для всех существующих на данный момент гетероструктур на основе нитридов элементов ІІІ группы при увеличении тока мощность излучения сначала входит в насыщение, а затем начинает падать. Это явление обусловлено джоулевым разогревом кристалла, и, как следствие, неравномерностью распределения плотности тока по его объему. Также в результате разогрева в структуре возникают механические напряжения, являющиеся причиной образования дислокаций.

В связи с этим представляется разумным решение о разработке мощного светодиода, на катоде которого будет располагаться несколько активных зон (анодов) слабой мощности (матричный светодиод). Такой подход позволит снизить плотность протекающего тока в кристалле и, следовательно, получить более высокую светоотдачу и меньший нагрев структуры.

В качестве объектов для анализа были созданы две аналитические модели эквивалентных по мощностям и размерам светодиодных матриц. Первая матрица состоит из 9 светодиодных чипов, конструкция которых приведена в [2], установленных на медном основании диаметром 3 см. Задаваемая мощность рассеивания в активном слое гетероструктуры каждого чипа составляет 1,12 Вт; при этом плотность растекающегося в них тока – 35 A/cm^2 . Вторая матрица такой же мощности, но состоит из 9 матричных чипов размерами 2,5×2,5 мм, содержащих 4 активные зоны гетероструктуры площадью 1 мм² каждая. Это позволило снизить плотность протекающего тока до 8,5 A/cm^2 .

Использование моделирующего комплекса ANSYS [3] позволило проанализировать вышеописанные модели и вычислить необходимые параметры для последующей оптимизации, а также выявить целесообразность разработки описанной светодиодной матрицы.

Анализ моделей начинался с решения поставленной задачи с использованием уравнений термодинамики с учетом заданных начальных и граничных условий (условие теплообмена с окружающей сре-

дой, тепловое излучение, энерговыделение в активном слое чипов вышеуказанных значений, а также задана фиксированная температура нижней плоскости для обеспечения одинакового отвода тепла в обеих моделях).

В результате моделирования были получены поля распределения температуры на поверхности моделей, изображенные на рис. 1.

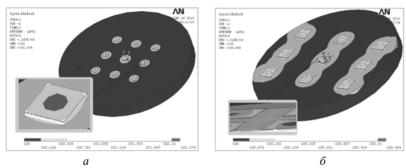


Рис. 1. Распределение температуры в матрицах из светодиодных чипов: a – c одним анодом (максимальная температура 102,4 °C); δ – c четырьмя анодами (максимальная температура 100,7 °C)

Из приведенных результатов распределения температурных полей по поверхностям светодиодных матриц видно, что при применении матричных чипов температура распределена равномернее, нежели при первом варианте. Следует также заметить, что в такой конструкции перегрев активного слоя гетероструктуры относительно установленной температуры $100\ ^{\circ}$ C почти в 4 раза больше.

Используя полученные решения тепловой задачи и соотношения теории упругости, были определены возникающие механические напряжения и, как следствие, деформации матрицы (рис. 2).

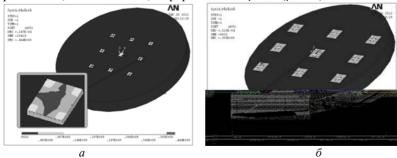


Рис. 2. Распределение механических напряжений в матрицах из светодиодных чипов: a-c одним анодом (максимальное значение $3,95\cdot 10^8$ Па); $\delta-c$ четырьмя анодами (максимальное значение $4,44\cdot 10^8$ Па)

Максимальные значения механических напряжений, возникающие вследствие использования материалов с различными температурными коэффициентами линейного расширения, отличаются незначительно и примерно на два порядка меньше максимальной силы адгезии. Однако их изменение в матричном светодиоде происходит значительно плавнее, что уменьшает вероятность механического расслоения чипа.

Следует отметить, что значения параметров режима работы реальных светодиодов будет отличаться от полученных в работе в сторону увеличения в результате более сложной связи температуры структуры, плотности растекающегося тока и падения на ней напряжения, вызванных изменением электрического сопротивления. Оценка этих зависимостей и будет являться дальнейшей работой в определении и корректировании теплового режима работы как отдельных светодиодов, так и светодиодных матриц.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по договору 73/10 в рамках выполнения Постановления Правительства РФ № 218.

Проект ГПО ФЭ-1104 – «Расчет и технология формирования теплоотводящего покрытия для светодиодов».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Сергеев В.А., Ходаков А.М. Расчет и анализ распределений плотности тока и температуры по площади структуры InGaN/GaN мощных светодиодов // Физика и техника полупроводников. 2010. № 44. С. 230.
- 2. Жидик Ю.С., Троян П.Е., Каримбаев Д.Д. Расчет теплоотводящего и несущего покрытия при изготовлении светодиодов // Доклады ТУСУРа. 2011. №2(24). Ч. 2. С. 73–76.
 - 3. Босов К.А. ANSYS: справочник пользователя. М.: ДМК-Пресс, 640 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО УПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ГАЗЕ

Д.Б. Золотухин, студент 4-го курса каф. ЭП

Научный руководитель В.А. Бурдовицин, проф. каф. физики, д. т. н. г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, ZolotukhinDen@sibmail.com

Распространение электронного пучка в газе представляет собой важную научно-техническую задачу в силу широкого распространения электронно-лучевых технологий [1]. Это в полной мере относится к использованию электронного пучка в форвакуумном диапазоне давлений 5–15 Па [2], поскольку рассеяние электронов на газовых молекулах может значительно изменить параметры пучка. Так как аналитиче-

ское исследование переноса электронов в веществе может быть выполнено только в простейших случаях с невысокой точностью, возникает необходимость применения эффективных численных методов. Цель настоящей работы состояла в построении траекторий электронов методом Монте-Карло [3].

Метод Монте-Карло подразумевает генерацию массивов псевдослучайных чисел γ , равномерно распределенных в интервале от 0 до 1, с последующим изменением закона их распределения, причем новый закон должен описывать моделируемое физическое явление. В рамках данной работы рассматривался акт взаимодействия единичного электрона с рассеивающим центром – атомом, при этом ионизация, возбуждение атома, а также потеря кинетической энергии электрона не учитывались. В зависимости от выбранной длины свободного пробега электрон претерпевал разное число столкновений до попадания на коллектор. Угловое распределение рассеянных электронов описывалось с помощью формулы Резерфорда:

$$\frac{dN}{N_0} = na \left(\frac{2Ze^2}{m_e v^2}\right)^2 \frac{2\pi \sin(\theta)d\theta}{4 \cdot \sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right)},\tag{1}$$

здесь θ — угол, на который рассеиваются электроны; Z — зарядовое число; e — заряд электронов; m_e — масса электрона; n — число атомов газа в единице объема; a — толщина газового слоя.

С целью исключения деления на ноль нормировка выражения (1) проведена в пределах изменения угла θ от 0,1 до 180°. Знак угла рассеяния задавался случайным образом.

Для определения случайного значения угла ξ рассеяния использовалась стандартная процедура с использованием интеграла:

$$A \cdot \int_{\alpha}^{\xi} \frac{\sin(\theta)}{\sin^4(\frac{\theta}{2})} d\theta = \gamma , \qquad (2)$$

где A — константа в выражении (1). Вычисление интеграла (2) позволяет выразить угол ξ :

$$\xi = 2 \cdot \arcsin\left(\sqrt{\frac{8 \cdot A}{1 - \gamma}}\right). \tag{3}$$

На языке Delphi была написана программа, моделирующая распространение пучка электронов заданного диаметра через среду, заполненную газом (рис. 1). Интерфейс позволял задавать начальные условия: длину свободного пробега электронов, начальный радиус пучка и число траекторий.

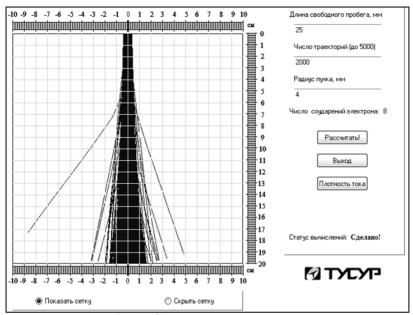


Рис. 1. Общий вид окна программы



Расстояние от входа пучка в газ до коллектора составляло 20 см. Результатом вычислений была картина, представленная на рис. 1. Совокупность траекторий позволяла наглядно представить расширение пучка по мере его распространения. Построение линейной плотности

числа траекторий на коллекторе давало представление о распределении плотности пучка по его сечению (рис. 2).

На основании проделанной работы могут быть сделаны следующие выводы:

- 1. Метод Монте-Карло в сочетании с формулой Резерфорда позволяет производить построение траекторий электронов в газе.
- 2. Реализованная программа дает возможность анализировать уширение пучка в зависимости от давления газа и дальности распространения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Квитко Г.В. Моделирование процессов пространственной эволюции релятивистских пучков заряженных частиц в газовых средах и внешних полях: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Калининград, 2006. 21 с.
- 2. Burdovitsin V.A. Fore-vacuum plasma-cathode electron sources / V.A. Burdovitsin, E.M. Oks // Laser and particle beams. 2008. №26, Iss. 04. P. 619–635.
- 3. Головин А.И. Методы расчета распространения пучка электронов в веществе и результаты экспериментального исследования свойств создаваемой пучком плазмы: дис. ... канд. физ.-мат. наук. М.: МФТИ, 2002. 85 с.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Председатель — **Михальченко Г.Я.**, директор НИИ ПрЭ, профессор, д.т.н., зам. председателя — **Семенов В.Д.**, профессор, зам. зав. каф. ПрЭ по HP, к.т.н.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНАРНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

H.C. Легостаев, доцент, к.т.н; А.В. Авдеев, студент ФЭТ г. Томск, ТУСУР, lns@ie.tusur.ru

Одной из основных задач при разработке силовых трансформаторов является уменьшение его габаритных размеров при одновременном увеличении эффективной мощности. Постоянное уменьшение габаритов изделий электроники, особенно портативной, приводит к тому, что разработчикам приходится применять компоненты с минимальными размерами. Поэтому сегодня на смену традиционной технологии построения силового трансформатора приходит новая – планарная технология [1]. Основными преимуществами планарной технологии являются малые размеры и высота, высокие удельные характеристики ($10 [BA/cm^3] - 20 [kBA/cm^3]$), отличная повторяемость, высокий коэффициент связи (близкий к 1), малая величина скин-эффекта и малая величина потерь на переменном токе. Планарные трансформаторы могут работать в диапазоне частот от 20 кГц до 2,5 МГц и даже до 10 МГц. Также можно отметить их невысокую стоимость при серийном производстве, а учитывая тот факт, что спрос на планарные трансформаторы растет, можно говорить об их дальнейшем удешевлении [4].

По конструктивному исполнению планарные трансформаторы могут быть: 1) навесными (все обмотки выполнены в виде самостоятельной печатной платы); 2) гибридными (часть обмоток встроена в материнскую плату, а часть находится на отдельной многослойной печатной плате, которая соединена с материнской платой); 3) интегрированными (все обмотки полностью интегрированы в многослойную печатную плату).

Сборка магнитопровода планарных трансформаторов осуществляется путем склеивания или с использованием специального зажима. К

преимуществам склеивания можно отнести фиксацию трансформатора на печатной плате и однородность поперечного сечения магнитопровода. Преимуществом зажимного крепления является отсутствие проблем при использовании трансформатора в высокотемпературных приложениях. Имеется четыре типа половин магнитопроводов, из которых составляются магнитопроводы трех видов: E+E, E+PLT, E/R + PLT/S [2].

Производителями планарных трансформаторов являются компании Ferroxcube, Premo, Payton, Himag Solutions, Standax Electronics, Zettler

Основные отличия методики расчета планарных трансформаторов от методики расчета обычных трансформаторов сводятся к следующему:

для определения удельных потерь в магнитопроводе планарных трансформаторов используется формула

$$P = C_m \cdot f^x \cdot B_m^y \cdot (ct_0 - ct_1 \cdot T + ct_2 \cdot T^2) \left\lceil \mathsf{MBt/cm}^3 \right\rceil \,,$$

где C_m ,x,y, ct_0 , ct_1 , ct_2 — параметры, найденные путем аппроксимации эмпирической кривой потерь; T — температура; B_m — максимальная магнитная индукция; f — частота;

потери в магнитопроводе с учетом выбранного типа магнитопровода и заданного перегрева трансформатора вычисляются по формуле

$$P\!=\!rac{12\cdot\Delta T}{\sqrt{V_{\Im}}}\;\left[{
m MBT/cm}^3
ight]$$
, где $\Delta T\;$ — перегрев трансформатора; $V_{\Im}\;$ —

эффективный объем магнитопровода;

- для определения ширины дорожек используется формула

$$w_l = \frac{\left[b_w - (N_l + 1) \cdot s\right]}{N_l}$$
 [мм], где N_l , s , b_w – количество витков в од-

ном слое, расстояние между витками и доступная ширина намотки соответственно [3].

Использование методики расчета обычных трансформаторов с учетом специфики конструктивно-технологических параметров планарных трансформаторов позволяет определить электромагнитные параметры планарных трансформаторов и дать сравнительную оценку

обоих типов трансформаторов:
$$V_{91} = 2,04 \text{ cm}^3$$
, $V_{92} = 2,5 \text{ cm}^3$, $p_1 = 116 \frac{\text{MBT}}{\text{cm}^3}$,

 $p_2 = 160 \frac{{
m MBT}}{{
m cm}^3}$ соответственно для планарного и обычного трансформа-

торов (входные данные для расчета — R = 100 вА; f = 100 кГц; $U_1 = 150$ в; $U_2 = 30$ в; $B_m = 100$ мТл; $\Delta T = 20^{\circ}$ С).

В заключение можно, и не без оснований, утверждать, что в ближайшем будущем планарные трансформаторы полностью вытеснят традиционные трансформаторы с проволочной обмоткой.

Проект ГПО ПрЭ -1014 – «Система энергообеспечения с заданными параметрами электрической энергии».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. McLyman C.W Transformer and Inductor Design Handbook // Master e-book. 2004. Chapter 20. P. 473–493.
- 2. Шихов С. Проектирование планарных силовых трансформаторов // Компоненты и технологии [Электронный ресурс]. 2003. №7. С. 22–27. URL: http://kit-e.ru/articles/powerel/2003 07 22.php
- 3. Шихов С. Планарные трансформаторы на основе многослойных печатных плат // Компоненты и технологии [Электронный ресурс]. 2003. №6. С. 28–34. URL: http://kit-e.ru/articles/elcomp/2003 6 28.php
- 4. Клестова Н. Применение планарных трансформаторов на основе многослойных печатных плат // Технологии в электронной промышленности [Электронный ресурс]. 2006. №4. С. 37–38. URL: http://www.tech-e.ru/2006_4 37.php

УПРОЩЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА СЕТЕВОГО УДВОИТЕЛЯ ТОКА

М.О. Баженов, студент каф. ПрЭ

Научный руководитель В.Д. Семенов, проф. каф. ПрЭ, к.т.н. г. Томск, TVCVP , $\mathit{\Phi}\mathit{ЭT}$, $\mathit{mk_bazhenov}$ @inbox. ru

Целью данной работы является получение расчетных соотношений для идеального выпрямителя (ИВ) по схеме удвоителя тока при работе на активную нагрузку. Данная схема показана на рис. 1. Для получения исходных данных была использована модель удвоителя тока в среде MatLAB.

Полученные осциллограммы ИВ, при его работе в граничном режиме показаны на рис. 2.

Из осциллограмм видно, что ток в дросселях близок по форме к треугольному. Площади положительной и отрицательной полуволн напряжения на дросселях должны быть равны, иначе ток через них нарастал бы до бесконечности [1]. Если принять, что ток через дроссели L1 и L2 имеет треугольный вид, то отрицательную составляющую напряжения на дросселе можно принять прямоугольной формы с амплитудой, равной U_d . Из вышесказанного следует:

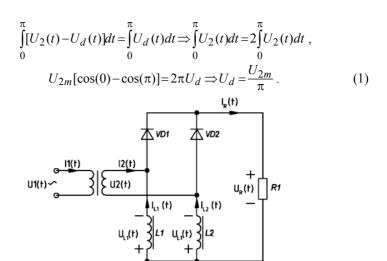
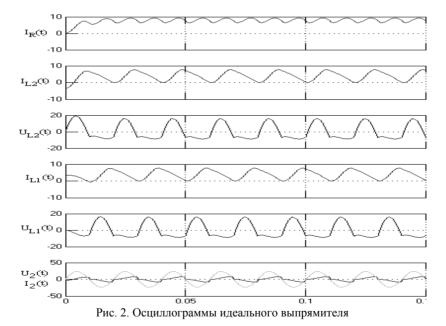


Рис. 1. Исследуемая схема удвоителя тока



При моделировании ИВ была получена экспериментальная зависимость коэффициента пульсаций от величины индуктивностей L1, L2. Результат представлен в виде графика на рис. 3.

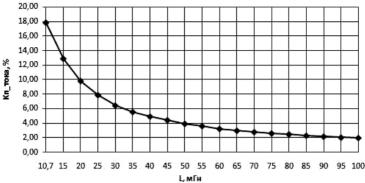


Рис. 3. Зависимость коэффициента пульсаций от величины L1, L2 (первая точка соответствует граничному режиму)

Получим расчетным путем значение коэффициента пульсаций в граничном режиме. При принятых допущениях

$$U_{2m}\sin(\varphi_1) = \frac{U_{2m}}{\pi} \Rightarrow \varphi_1 = \arcsin(\frac{1}{\pi}) = 0,353 \text{ рад}.$$
 (2)

Среднее значение положительного напряжения, действующего на дросселе L2:

$$\Delta U_{L(+)} = \frac{1}{\pi - 2\varphi_1} \int_{\varphi_1}^{\pi - \varphi_1} U_{2m} \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{2U_{2m} \cos(\varphi_1)}{\pi - 2\varphi_1}.$$

Под действием этого напряжения, ток в дросселе возрастет до значения

$$\Delta i_L = I_m = \frac{\Delta U_{L(+)}(\frac{T}{2} - 2\Delta t)}{L_{\mathrm{KP}}} = \frac{2U_{2m}\cos(\varphi_1)}{\omega L_{\mathrm{KP}}} \ . \label{eq:delta_interpolation}$$

Следовательно,

$$L_{\rm Kp} = \frac{2U_{2m}\cos(\varphi_1)}{\omega I_{\rm KD}} \,. \tag{3}$$

Для частоты 50 Гц по формуле (3)

$$L_{\rm Kp} = 10,5 \times 10^{-3} \ \Gamma {\rm H} \ .$$

При треугольном токе дросселя среднее значение тока найдем из соотношения

$$I_{\text{cp_L1}} \times T = \frac{1}{2} \times T \times I_m \Longrightarrow I_{\text{cp_L1}} = \frac{I_m}{2}$$
.

При равных индуктивностях L1 и L2 среднее значение тока нагрузки:

$$I_{d \text{ cp}} = 2 \times I_{\text{cp}} \quad L_1 = I_m . \tag{4}$$

Коэффициент пульсаций в граничном режиме:

$$K_{n_{\perp} \Gamma p} = \frac{\Delta i_{d_{\perp} \Gamma p}}{2 * I_{d_{\perp} C p}} 100\% = \frac{\Delta i_{d_{\perp} \Gamma p}}{2 \times I_{m}} 100\%,$$
 (5)

где Δi_{d} гр – размах пульсаций тока в нагрузке в граничном режиме.

Значение $\Delta i_{d_\Gamma p}$ было найдено путем сложения в MathCAD двух треугольных сигналов [2], смещенных относительно друг друга на полпериода, что показано на рис. 4.

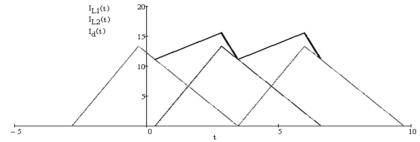


Рис. 4. Графическое сложение токов I_{L1} и I_{L2} в MathCAD

Для граничного режима экспериментально установлено, что $\Delta i_{d-{\rm rp}} = 0.33 \times I_m \ .$

По формуле (5), было получено, что $K_{n_rp} = 16,7\%$. Отличие этого значения от K_{n_rp} полученного в MatLAB (рис. 3), составляет примерно 1% и не существенно. Аппроксимацию кривой, представленной на рис. 3, находили в виде

$$K_n[\%] = K_{n_{-}\Gamma p} \frac{a}{L[\Gamma_H]} + b$$
.

При $K_{n-\Gamma p}$ =16,7% аппроксимированное выражение принимает вид

$$K_n[\%] = \frac{0.2}{L[\Gamma_{\rm H}]} + 0.05$$
 при $L > L_{\rm TP}$, (6)

где $L_{\rm rp}$ – величина $L_{\rm 1}$ и $L_{\rm 2}$ в граничном режиме.

Таким образом, если заданы $f,\ U_d$, $\ U_{\it cp}$, $\ R_d$, $\ K_n[\%]$, то можно найти величины L1 и L2 для ИВ.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника // Техносфера. 2005.
- 2. [Электронный ресурс]. URL: http://www.exponenta.ru/educat/systemat/tarasevich/default.asp (дата обращения: 18.03.2012).

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ Li-Ion АККУМУЛЯТОРА

В.А. Боченин, магистрант 2-го курса каф. ПрЭ Научный руководитель Т.Н. Зайченко, проф. каф. ПрЭ г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, bochenin1986@mail.ru

Современная тенденция в области создания автономных транспортных средств, подводных и космических аппаратов, объектов военной техники связана с повышением их энерговооруженности [1-3]. Это требует использования высокоемких автономных источников электропитания. В настоящее время освоено массовое производство аккумуляторов малой емкости и зарядных устройств (ЗУ) для них. Аккумуляторные батареи (АБ) высокой энергоемкости на базе современных литий-ионных (Li-Ion) аккумуляторов с улучшенными удельными показателями, обладающих повышенными требованиями к долговечности и надежности, находятся на стадии разработки. Обслуживание АБ в системах электропитания потребителей, обладающих повышенными требованиями к надежности электроснабжения, требует наличия не только ЗУ, но и средств контроля и управления (СКУ) процессом заряда и разряда, т.е. зарядно-разрядных комплексов (ЗРК). Для решения задач анализа процесса функционирования ЗУ и ЗРК и диагностики АБ необходимо иметь модель АБ, в этой связи задача исследования моделей аккумуляторов и выбора модели для моделирования Li-Ion аккумулятора является актуальной.

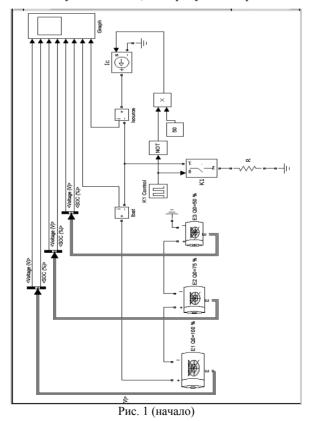
Выделяются три типа моделей АБ: математические модели, использующие эмпирические формулы; модели, построенные на основе обработки статистических данных с получением адекватной полиномиальной зависимости; структурные модели в виде схем замещения [4]. Анализу математических моделей аккумуляторов посвящена работа [5], в которой показано, что для щелочных аккумуляторов наиболее точной из существующих (модели Хаскиной–Даниленко, Шеферда, Шеферда–Дасояна, Романова) является модель Шеферда:

$$U_p(t) = E_0 - K \frac{Q_m}{Q_m - Q(t)} i(t) - K \frac{Q_m}{Q_m - Q(t)} Q(t) + Ae^{-BQ(t)};$$

$$U_3(t) = E_0 - K \frac{Q_m}{Q(t) + 0, 1Q_m} i(t) - K \frac{Q_m}{Q_m - Q(t)} Q(t) + Ae^{-BQ(t)},$$

где $U_{\rm p},\ U_{\rm 3},\ i$ — разрядное и зарядное напряжения и ток; Q — емкость, A-ч; $Q_{\it m}$ — максимальная емкость; A,B — коэффициенты.

Для моделирования процессов в ЗУ и ЗРК предполагается использовать систему моделирования MatLab как обладающую широкими возможностями и рекомендуемую для исследования полупроводниковых систем [6]. В приложении SimPowerSystem данной системы имеется модель химического источника тока Battery. Исследование модели Battery на тестовом примере моделирования процесса зарядаразряда аккумулятора и АБ показало, что данная модель в целом отражает процессы в аккумуляторе и АБ (рис. 1). В модели источника Ваttery используется наиболее точная модель Шеферда [5], но процессы тепловыделения не учитываются, что требует ее доработки.



175

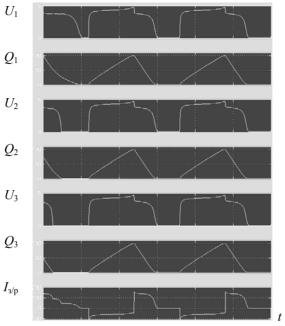


Рис. 1 (окончание). Моделирование процессов заряда-разряда аккумуляторной батареи

Для оценки потерь мощности воспользуемся аналогией с электромагнитными элементами [7] и будем определять перегрев τ через средние за период потери $\Delta P = IR_{\rm BH}^{-2}$:

$$\tau[^{\circ}C] = \frac{\Delta P[BT]}{\sigma[BT/M^{2} \circ C]\Pi[M^{2}]},$$

где σ – коэффициент теплоотдачи; Π – площадь поверхности охлаждения; $R_{\rm BH}$ – внутреннее сопротивление.

Таким образом, на основе выполненных исследований была разработана модифицированная модель аккумулятора, отличающаяся от существующей тем, что в ней учтено явление тепловыделения.

Практическая значимость разработки модифицированной модели состоит в том, что она обеспечивает повышение точности моделирования. Модель может быть использована:

- как составная часть модели ЗРК для анализа процесса функционирования и устойчивости ЗРК на этапе его проектирования;
 - для диагностики АБ на этапе функционирования ЗРК;

для создания имитатора АБ с целью физического моделирования АБ на стадии экспериментальных исследований ЗРК.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Быстров Ю.А. Разработка литий-ионных аккумуляторов и батарей с высокими удельными характеристиками для применения в морских объектах различного назначения / Ю.А. Быстров, Н.А. Кудрявцев, А.В. Краснобрыжий и др. // Подводные исследования и робототехника. 2007. № 2 (4). С. 34–37.
- 2. Кудряшов В.С., Хартов В.В. Современное состояние и перспективы развития бортовых СЭП связных ИСЗ // Тез. докл. XVI науч.-техн. конф. «Электронные и электромеханические системы и устройства». Томск: НПЦ «Полюс», 2000. С. 8–9.
- 3. Тарасов В.П. Высокоэнергоемкие электрохимические системы на основе соединений лития для создания универсальных аккумуляторов и батарей военного назначения // Сб. матер. Х Междунар. науч.-практ. семинара «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SmarTex-2007)». Иваново: ИГТА, 2007. С. 44–47.
- 4. Гарганеев А.Г. Оценка режимов и состояния аккумуляторных батарей в системах бесперебойного электропитания переменного тока // Тез. докл. XVI науч.-техн. конф. «Электронные и электромеханические системы и устройства». Томск: НПЦ «Полюс», 2000. С. 23–24.
- 5. Галушкин Д.Н., Галушкин Н.Е. Разряд щелочных аккумуляторов // Электрохимическая энергетика. 2007. Т. 7, № 2. С. 99–102.
- 6. Герман–Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. СПб.: КОРОНАпринт, 2001. 320 с.
- 7. Обрусник В.П. Магнитные элементы электронных устройств: учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. 125 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СТАТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

С.А. Бычков, инженер по испытаниям ОАО «НПЦ «Полюс», аспирант каф. ПрЭ ТУСУРа

Научный руководитель Ю.М. Казанцев, начальник отдела OAO «НПЦ «Полюс», проф. каф. ПрЭ ТУСУР, д.т.н. г. Томск, OAO «НПЦ «Полюс», ТУСУР, polus@online.tomsk.net

В настоящее время ужесточаются требования к приборам по помехоэмиссии. Статические преобразователи (СП) в процессе работы создают излучаемые в пространство электромагнитные помехи, которые могут воздействовать электромагнитным путём на питаемую аппаратуру [1].

Проводники обмоток трансформатора СП пронизываются магнитным полем, следовательно, основным источником магнитных помех в схеме преобразователя является силовой трансформатор [2].

Уровень излучаемых электромагнитных помех от силового трансформатора СП может быть соизмерим с их допустимыми значениями от прибора в целом.

Для определения углового распределения напряженности магнитного поля был взят преобразователь напряжения SSL20C-7605 с напряжением питания 100–240 В, током потребления 0,3–0,5 А. Его выходные параметры – постоянное напряжение 5 В, постоянный ток 4 А.

Исследования проводились в экранированной камере ОАО «НПЦ «Полюс» на трансформаторе СП Ш-образной конструкции в ближней зоне (рис. 1).

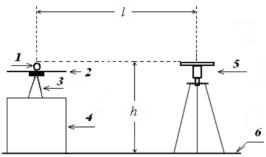


Рис. 1. Установка для исследования углового распределения напряженности поля: l — испытуемый образец; 2 — съёмная заземляемая плоскость; 3 — поворотный стол из диэлектрического материала; 4 — металлический шкаф; 5 — измерительная антенна; 6 — металлический пол экранированной камеры; l = 1 м — измерительное расстояние; h = 1 м — высота

В качестве датчика магнитного поля используется активная ферритовая антенна АФА-1, калиброванная для ближней зоны.

Электрическое и магнитное поля в ближней зоне, создаваемые силовыми трансформаторами и дросселями, представляют собой поля рассеяния.

Угловое распределение напряженности магнитного поля трансформатора в азимутальной плоскости построено по экспериментально снятым данным с использованием программы MathCAD в полярной системе координат [3]. За начало отсчета принято место установки выводов первичной обмотки трансформатора.

Из рис. 2 видно, что угловое распределение напряженности магнитного поля силового трансформатора в азимутальной плоскости имеет форму «восьмерки».

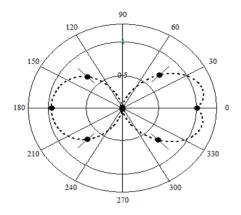
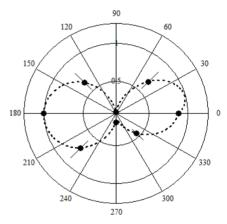


Рис. 2. Угловое распределение напряженности магнитного поля трансформатора СП Ш-образной конструкции

Измерение углового распределения напряженности магнитного поля на рабочей частоте СП (рис. 3), проведенное по той же схеме, показывает, что угловые распределения напряженностей магнитных

полей трансформатора и СП имеют форму «восьмерки» в азимутальной плоскости и их максимальные значения совпадают.

Рис. 3. Угловое распределение напряженности магнитного поля статического преобразователя



Таким образом, для снижения электромагнитных помех СП необходимо располагать силовой трансформатор таким образом, чтобы ось каркаса не была направлена на чувствительные элементы схемы СП.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Защита от радиопомех / Под ред. М.В. Максимова. М.: Советское радио. 1976.
- 2. Расчет электромагнитных элементов источников вторичного электропитания / А.Н. Горский, Ю.С. Русин, Н.Р. Иванов, Л.А. Сергеева. М.: Радио и связь, 1988.
 - 3. Гурский Д.А. Вычисления в MathCAD. Минск: Новое знание, 2003.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ИСТОЧНИК ТОКА С ДВУПОЛЯРНЫМ ВЫХОДОМ

Т.Б. Дарибаев, Е.В. Загородских, Д.В. Святенко, студенты каф. ПрЭ Научный руководитель В.А. Скворцов, доцент каф. ПрЭ, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, taylandaribaev@gmail.com

В настоящее время в разнообразных областях науки и техники применяются электротехнические установки различного типа. Среди такого рода установок повышенным спросом обладают электротехнологии, основанные на использовании тока, величина и полярность которого изменяются по определенному закону, что применимо в устройствах электрохимии.

Неотъемлемой частью каждой электротехнической установки является источник питания, преобразующий электрическую энергию первичного источника в энергию, необходимую для заданного функционирования установки. Благодаря использованию современных полупроводниковых приборов с эффективными статическими и динамическими характеристиками, открываются новые возможности для создания источников питания, реализующих заданные параметры выходного тока.

В качестве источника питания был выбран источник тока, так как в электрохимии существуют задачи, эффективное решение которых невозможно при использовании источника напряжения.

Наибольшая эффективность электрохимических процессов наблюдается при использовании асимметричного тока. В основном это связано с положительным влиянием обратного напряжения на электродные потенциалы.

Организация принципа стабилизации и формирования асимметричного тока представлена на структурной схеме (рис. 1). Она содержит следующие блоки: выпрямитель питающей сети (В), фильтр (Ф), силовой инвертор (И), формирователь управляющих сигналов ключей инвертора (ФУС), магнитный усилитель (МУ), систему управления МУ (СУМ), высокочастотный трансформатор (Т), демодулятор, формирующий асимметрию выходного тока (ДМ), систему управления ключами демодулятора (СУД), источник питания собственных нужд (ИПСН), нагрузку (Н).

На входной выпрямитель и фильтр возлагаются функции преобразования переменного напряжения питающей сети в постоянное напряжение. ИПСН обеспечивает питание для узлов, формирующих управляющие сигналы системы управления демодулятором и системы управления магнитным усилителем. СУД позволяет обеспечить изме-

нение величины и полярности выходного тока преобразователя по заданному закону демодулятором.

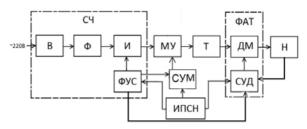


Рис. 1. Структурная блок-схема

В состав блока ФУС входит задающий генератор, формирователь управляющих импульсов, драйверы управления ключами мостового инвертора и блок защиты, отключающий силовую часть преобразователя при внештатных ситуациях. Силовой инвертор предназначен для создания напряжения повышенной частоты, которая позволяет снизить массогабаритные показатели электромагнитных элементов, что в свою очередь значительно повышает КПД всей схемы. Для стабилизации выходного тока инвертора используется магнитный усилитель на базе дросселя насыщения. Применение дроссельного регулятора имеет ряд преимуществ, таких как простота схемы и конструкции, высокая эксплуатационная надёжность, широкий диапазон мощностей и хорошие регулировочные свойства. Схемотехническое решение используемого МУ приведено на рис. 2.

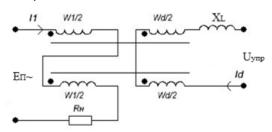


Рис. 2. Дроссель насыщения

Основным преимуществом дросселя насыщения в данной схеме является способность фиксировать величину тока в любой момент времени как в статических, так и в динамических режимах.

При этом физические процессы, протекающие в дросселе насыщения, будут следующими: пусть в обмотках управления ДН задан постоянный ток I_{ν} , создающий в каждом из сердечников магнитодви-

жущую силу (МДС) $I_y w_y$. Под действием этой МДС рабочие точки сердечников ДН смещены по кривым намагничивания в зоны насыщения противоположного знака (рис. 3). В интервалах перехода напряжения сети через ноль ток нагрузки мал, МДС рабочей цепи меньше, чем МДС цепи управления, сердечники ДН насыщены и процессы в цепи определяются только приложенным напряжением и сопротивлением нагрузки. В некоторый момент времени амплитуда высокочастотного напряжения и ток нагрузки достигают величины, обеспечивающей

поочередный вывод рабочих точек сердечников на вертикальный участок кривой намагничивания (рис. 3). С этого момента начинается процесс регулирования и соблюдается равенство ампер-витков рабочей цепи и цепи управления: $I_{\sim}w_{D}=I_{V}w_{V}$.

 $-I_y w_y$ $I_y w_y$ $H(\omega t)$

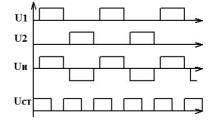
Рис. 3. Диаграмма процессов работы магнитопровода

Для динамической стабилизации тока в управляющей обмотке включён дроссель, индуктивность которого должна быть не меньше индуктивности ДН. Также индуктивность выбирается с тем условием, чтобы при максимальном значении сопротивления нагрузки ДН работал на границе свободного и вынужденного намагничивания, а при минимальном — в режиме вынужденного намагничивания.

На рис. 4 приведены диаграммы работы силового инвертора и регулятора тока, где U_1 , U_2 — сигналы управления плечами мостового инвертора, $U_{\rm u}$ — напряжение на выходе инвертора, $U_{\rm cr}$ — сигналы управления регулятором тока. В момент закрытого состояния ключей инвертора открывается ключ, задающий ток в обмотке управления магнитным усилителем. Такое управление МУ позволяет существенным образом повысить его КПД. Силовая обмотка ДН включена по-

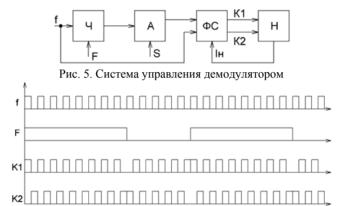
следовательно с нагрузкой силового инвертора, при этом стабилизированный ток управляющей обмотки задает ток в инверторе.

Рис. 4. Диаграммы процессов работы И и СУМ



Для формирования управляющих импульсов демодулятора была создана система управления, функциональная схема которого изображена на рис. 5.

В блоке Ч формируется частота F выходного сигнала, при использовании импульсов синхронизации, устанавливающихся задающим генератором для обеспечения синхронной работы демодулятора с инвертором. Блок A позволяет задать асимметрию S выходного сигнала. ФС формирует сигналы управления ключами демодулятора по закону, заданному в блоках Ч и A, с учетом величины и направления тока, протекающего в ключах демодулятора (рис. 6).



На основе предоставленных выше структурных схем были разработаны принципиальные схемы устройства, позволяющие создать регулятор асимметричного тока для формирования выходного тока с произвольной длительностью положительного и отрицательного значений, при этом величины тока изменяются по заданному закону. Стабилизация величины тока осуществляется дроссельным регулятором (ДН). Благодаря тому, что в основе стабилизатора тока лежит ДН, устройство защищено от бросков тока как в статическом, так и в динамическом режимах.

Рис. 6. Диаграммы работы СУ демодулятора

Проект ГПО Пр
Э-1105 — «Специализированный источник тока с двуполярным выходом».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Дарибаев Т.Б. Выходной каскад формирователя асимметричного тока для электрохимических технологий. Томск: ТУСУР, 2011. 80 с.
- 2. Святенко Д.В. Исследование свойств и характеристик многовыходового источника тока. Томск: ТУСУР, 2011. 42 с.

- 3. Скворцов В.А. Многовыходовые источники тока на базе досселей насыщения в звене повышенной частоты для устройств повышения ресурса и энергоотдачи аккумуляторных батарей: дис. ... канд. техн. наук. М., 1988. 132 с.
- 4. Силовая электроника [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. журн. / Файнстрит. Электрон. журн. М. Режим доступа к журн.: http://www.power-e.ru

МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ

А.А. Дауров, Д.Н. Леонтьев, Ю.А. Мажников, студенты каф. АСУ Научный руководитель А.Н. Горитов, проф., каф. АСУ, д.т.н.; г. Томск, ТУСУР, ФСУ, daur97@mail.ru

Вне сомнений, робототехника представляет собой естественное логическое продолжение техники как явления. Стремление автоматизировать любой труд постепенно вытесняет человека из многих сфер его деятельности, предоставляя взамен все новые возможности для приложения усилий: просмотр кинофильмов, подводные погружения, компьютерные игры и т.д. Часть всеобщего труда, затрачиваемая человечеством на производство средств производства, а не конечного продукта потребления, постепенно увеличивается от 0%, очевидно стремясь к 100%.

Робот – понятие неопределенное, к которому можно отнести любой вид машины; термин обычно используется для художественного эффекта или означает, что в машине используются манипуляторные механизмы, позволяющие машине манипулировать предметами. Важным свойством роботов является определенная степень автономности.

Отсюда вытекает следующая задача — разработка и создание робота, способного автономно функционировать в произвольных внешних средах, выполняя заранее поставленные цели.

Для решения поставленной задачи необходимо создание универсальной платформы как основы для будущего робота. Данная платформа будет включать в себя механическую, электронную и программную части.

Основные компоненты механической части: корпус, приводы, шасси.

Основные компоненты электронной части: нетбук, порты вводавывода.

Основные компоненты программной части: приложение.

В качестве примера можно рассмотреть простейшего робота, способного двигаться по линии, как основу для создания универсальной платформы.

Для создания простейшего робота был использован радиоуправляемый автомобиль, который подвергся глубокой модернизации как механической, так и электронной частей.

Механическая часть робота была существенно доработана: уменьшен радиус поворота, увеличена скорость прохождения поворотов и прямых путем изменения подаваемого напряжения на электродвигатели. Попутно было модернизировано шасси путем добавления пружин амортизаторов, позволяющих роботу быстрее и точнее проходить неровные участки трассы.

Основные компоненты робота: корпус, шасси, электромоторы, печатная плата, фототранзисторы, светодиоды.

Управление реализуется использованием микроконтроллера, расположенного в верхней части робота. Микроконтроллер распаян на печатной плате, соединенной с корпусом робота. Стандартный радиоуправляемый блок был заменен на печатную плату с распаянным на ней микроконтроллером ATMEGA8A-PU. Микроконтроллер — микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами. Микроконтроллер сочетает в себе функции процессора и периферийных устройств, может содержать ОЗУ и ПЗУ. По сути это однокристальный компьютер, способный выполнять простые задачи.

Для определения линии используется оптопара. Оптопара состоит из следующих компонентов: фототранзистор и светодиод.

Управление электромоторами осуществляется с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ). ШИМ-модуляция позволяет управлять выходным напряжением за счет изменения скважности импульса, а именно изменением длительности низкого сигнала к длительности высокого сигнала.

В данном роботе ШИМ реализуется за счет таймеров, например, при движении на электромотор в течение 450 мкс подается высокий сигнал, затем в течение 550 мкс подается низкий сигнал. В итоге двигатель получает 3,5 В входного напряжения.

Программная часть робота представлена приложением, которое было разработано в соответствии со спецификациями микроконтроллера.

Программное обеспечение робота разрабатывалось в Code Vision AVR, т.к. это узкоспециализированная среда разработки, предназначенная для программирования микроконтроллеров фирмы AVR.

Микроконтроллер прошивается с помощью специализированного программатора AVRISP mk II, который поддерживает все микроконтроллеры семейства AVR.

В результате получен робот, изображенный на рис. 1.

На начальном этапе получен простейший робот, способный двигаться по заранее заданной траектории. Данный проект будет поэтапно усовершенствоваться. В результате, реализовав этот проект. мы получим робота. способного автономно функционировать в различных внешних средах, поставленные выполняя задачи. Робот будет распознавать окружающее пространство и синтезировать человеческую речь.



Рис. 1. Готовый робот

Проект ГПО АСУ-1106 – «Моделирование интеллектуальных мехатронных систем».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Предко М. Устройства управления роботами: схемотехника и программирование. М.: ДМК Пресс, 2005. С. 400–405.
- 2. Евстифеев А.А. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы ATMEL // М.: Додэке XXI, 2005. 560 с.

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ

Е.И. Гладышева, студентка 4-го курса;

В.Н. Учаев, А.В. Литвинов, А.Ю. Хуторной, аспиранты каф. ПрЭ Научные руководители В.Д. Семёнов, проф. каф. ПрЭ, к.т.н.; Д.О. Пахмурин, аспирант
г. Томск, ТУСУР, yegl@yandex.ru

Аппаратно-программный комплекс для реализации локальной гипертермии предназначен для лечения людей с онкологическими заболеваниями. В процессе проведения экспериментов с использованием комплекса локальной гипертермии возникла необходимость создания собственного источника питания, предназначенного для устройства стабилизации температуры, представляющего собой трансформаторный импульсный источник питания с гальванически развязанными выходами с высокочастотным преобразованием переменного напряжения 220 В в сети питания [1, 2].

Технические и конструкторские параметры устройства:

- Номинальное напряжение питающей сети 220 B
- Отклонение напряжения питающей сети +10–15%
- Выходное напряжение (10 гальванически развязанных каналов с линейной стабилизацией на выходе)
 5 В ± 2%
 - Ток сиповой части источника питания
 - Габаритные размеры, мм не более $100 \times 200 \times 50$

3 A

- Масса, кг, не более
 0,5
- КПД при максимальном токе нагрузки не менее 85% Устройство должно:
- быть выполнено в виде отдельного блока;
- быть снабжено системой защиты от аварийных ситуаций.

Была предложена схема полумостового инвертора для генерирования сигнала с частотой 30 кГц. Данная частота выбрана для уменьшения габаритных размеров трансформатора [3].

Структурная схема разработанного источника питания представлена на рис. 1.

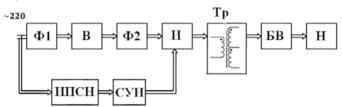


Рис. 1. Структурная схема источника питания: Ф1– входной фильтр; Тр – выходной трансформатор; СУИ – система управления инвертором; В – диодный мост; БВ – блок выпрямителей; Ф2 – фильтр; Н – нагрузка; И – инвертор; ИПСН – источник питания собственных нужд

На рис. 2 представлена функциональная схема источника питания для УСТ.

Прибор питается от напряжения сети 220 В с частотой 50 Гц и амплитудой 310 В. В данной блок-схеме силовую часть составляют фильтр (Ф1), выпрямитель (В), фильтр (Ф2), инвертор (И). Фильтр 1 (Ф1) представляет собой сетевой фильтр 1522R0, параметры которого следующие: амплитуда 300 В, ток 2 А. Отфильтрованное напряжение подается на диодный мост КВU6J, амплитуда 420 В, ток 6 А, пиковое

напряжение 600 В. Для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения применяем LC фильтр [4]. Далее выпрямленное напряжение подается на полумостовой инвертор напряжения.

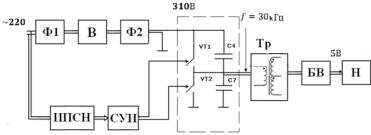


Рис. 2. Функциональная схема источника питания

Инвертор напряжения выполнен на 2 транзисторах IRF840, работающих в режиме ключей, зашунтированных диодами. Другая часть полумоста состоит из конденсаторов С4 и С7. Переключение ключей VT1 и VT2 происходит в противофазе. Для того чтобы избежать режима сквозного тока, система управления должна переключать ключи таким образом, чтобы обеспечивать небольшую задержку в переключении [5]. Для обеспечения заданных условий был выбран драйвер IR2155, схема соединения которого взята из DataSheet. Также данный драйвер содержит свой задающий генератор.

Питание данного драйвера гальванически развязано от основного питания и подается через выпрямитель 1W10M. Для сглаживания данного выпрямленного напряжения применим С-фильтр. С инвертора промодулированное напряжение подается на высокочастотный трансформатор. На выходе трансформатора формируется 2 вида напряжения: +7,4 В и –6 В за счет двух видов выпрямителей: двухполупериодного со средней точкой и однополупериодного.

Таким образом, был разработан источник питания с 10 гальванически развязанными каналами, удовлетворяющий предъявленным требованиям.

Проект ГПО-0901.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Патент 78659 РФ, МПК А61В 18/04. Установка и устройство для лечения опухолевых заболеваний / А.В. Кобзев, Д.О. Пахмурин, В.Д. Семенов, А.А. Свиридов. № 2008128639/22; заявл. 14.07.2008; опубл. 10.12.2008. Бюл. № 34. 4 с.
- 2. Патент 98116 РФ, МПК А61В 18/12. Установка локального нагрева биологической ткани / А.В. Кобзев, В,Д. Семенов, Д,О. Пахмурин, А.А. Сви-

ридов, В.А. Федотов, А.В. Литвинов, А.Ю. Хуторной, В.Н. Учаев. № 2010118885/14; заявл. 11.05.2010; опубл. 10.10.2010. Бюл. № 28. 4 с.

- 3. Эраносян С. А. Сетевые блоки питания с высокочастотными преобразователями. Л.: Энергоатомиздат, 1991. 176 с.
- 4. Жданкин В.К. Требования электробезопасности и ЭМС к изделиям медицинской техники // Электронные компоненты. 2006. № 2. С. 21–22.
- 5. Ланцов В., Эраносян С. Электромагнитная совместимость импульсных источников питания: проблемы и пути их решения // Силовая электроника. 2006. № 4. С. 38–40.

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Т.В. Гоффарт, студентка 5-го курса каф. ПрЭ г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, takoff@mail.ru

Сегодня в связи с распространением новых тенденций в конструировании космических аппаратов, таких как создание негерметизированных конструкций, функционирующих практически в открытом космосе, возросли требования по радиационной стойкости к аппаратуре, соответственно возросла и доля оценки стойкости до 40%.

Одной из главных причин выхода из строя бортовой радиоэлектронной аппаратуры является ионизирующее излучение (ИИ) космического пространства (КП). Достигнутые уровни стойкости к воздействию ИИ КП по дозовым эффектам современных ЭРИ не в полной мере обеспечивают устанавливаемые требования к бортовой аппаратуре космических аппаратов (КА). Поэтому необходимо принимать различные меры по дополнительной защите ЭРИ от воздействия ИИ КП. Эти методы могут быть программными (избыточное кодирование информации, дублирование информации и т.д.), схемотехническими (многократное резервирование, введение схем защиты и т.д.) и конструктивными (экранирование). Уровень радиационных воздействий в каждой зоне зависит от толщины конструкционной защиты и параметров орбиты.

Оценка спецстойкости изделия включает в себя две основные части [1]: оценку частоты и вероятности возникновения одиночных эффектов и оценку стойкости к накопленной дозе (коэффициент запаса по предельно накопленной дозе). Накопление дозы вызывает деградацию параметров ЭК и полное прекращение функционирования. В первом приближении все эффекты одиночных сбоев разделяют на 2 класса. К первому относятся: обратимые (мягкие) сбои (Soft Errors), в том числе SEU (Single Event Upset): имеется возможность исправления

этой ошибки программными методами без отключения питания аппаратуры; переходные сбои в работе аналоговых и аналогово-цифровых ИС, обусловленные импульсом тока от попадания ТЗЧ или протона в какой-либо активный переход ИС. Ко второму классу относятся необратимые катастрофические отказы в функционировании ЭРИ: SEE (single event latch up — защелка); SEB (single event burnout) — пробой истоковой области в мощных металл-окислах полупроводниковых транзисторов (МОПТ); SEGR (single event gate rupture) — пробой подзатворного диэлектрика в МОПТ. Одиночным сбоям и катастрофическим отказам подвержены активные ЭК, так как они выполняются из полупроводниковых материалов. Их доля в БРЭА составляет около 30% [1].

В России официальным документом по расчету оценки сбоев и отказоустойчивости является РД 134-0139. Расчетно-экспериментальный метод оценки стойкости БРЭА основан на расчете частоты сбоев БРЭА за счет действия заряженных частиц КП и проводится по математической модели вида

$$v_{\text{БРЭA}} = \sum_{i=1}^{n} n_{\text{ЭРИ}i} \left(\int_{L_0}^{L_{\text{max}}} \sigma_i(L) \varphi_{\text{ТЗЧ}}(L) dL + \int_{E_{0p}}^{E_{\text{max}}} \sigma_i(E) \varphi_P(E) dE \right),$$

где $\phi_{T34}(L)dL$ и $\phi_P(E)dE$ — дифференциальный ЛПЭ-спектр плотности потока ТЗЧ и дифференциальный энергетический спектр плотности потока протонов; L_0 и E_{0p} — пороговые значения ЛПЭ и энергии протонов; L_{\max} и E_{\max} — максимальные значения ЛПЭ в спектре ТЗЧ и энергии протонов в спектре протонов; $\sigma_i(L)$, $\sigma_i(E)$ — зависимости сечений сбоев ЭРИ i-го типа от ЛПЭ ТЗЧ и энергии протонов соответственно; $n_{\text{ЭРИ}i}$ — количество ЭК i-го типа, примененных в БРЭА; n — число примененных в БРЭА типов ЭК с различными зависимостями.

Частота сбоев составных частей БРЭА вычисляется раздельно для ЗЧ СКЛ, ГКЛ и естественных радиационных поясов Земли (ЕРПЗ) с учетом толщины защиты. Частота возникновения возможных катастрофических отказов в БРЭА определяется по формуле

$$v_{\text{БPЭA}}^{T} = \sum_{i=1}^{n} n_{\text{ЭРИ}i} \left(\int_{L_{0}}^{L_{\text{max}}} \sigma_{i}^{T}(L) \varphi_{\text{T3Y}}(L) dL + \int_{E_{0p}}^{E_{\text{max}}} \sigma_{i}^{T}(E) \varphi_{P}(E) dE \right),$$

где $\sigma_i^T(L)$, $\sigma_i^T(E)$ — зависимости сечений возникновения одиночных отказов ЭК (тиристорный эффект, пробой) от ЛПЭ ТЗЧ и энергии протонов соответственно.

Вероятность возникновения катастрофического отказа в аппаратуре за счет действия тяжелых заряженных частиц космического пространства можно рассчитать по формуле

$$P(t)=1-e^{-v_{\text{БРЭА}}^T \cdot t}$$
,

где t — время, в течение которого БРЭА находится во включенном состоянии при установленном сроке активного существования КА.

В РД 134-0139 [2] также приведены типовые значения параметров чувствительности ЭРИ к одиночным эффектам при воздействии заряженных частиц. Оценка дозовых эффектов проводится в соответствии с ОСТ 134-1034 [3]. Стандарт развивает и дополняет основные положения и требования ГОСТ РВ 20.57.308 в части методов испытаний и оценки стойкости БРЭА, приборов и оборудования КА к воздействию ИИ космического пространства по дозовым (необратимым параметрическим) эффектам и используется совместно с этим стандартом. Расчет уровня стойкости БРЭА проводится поэлементным методом и заключается в сравнении уровня стойкости каждого типа ЭК с уровнем радиационного воздействия на него (поглощенных доз электронов, протонов и суммарной дозы), определенного расчетным путем. Результатом оценки является коэффициент запаса по радиационной стойкости K_3 . Изделие имеет высокую предельную накопленную дозу, если $K_3 \ge 3$.

Для отечественной элементной базы вся необходимая информация по стойкости ЭК к спецфакторам приведена в специальных справочниках. Трудности начинаются, когда требуется оценить ЭК иностранного производства, входящие в состав проектируемого устройства. Чаще всего на эти компоненты недостает показателей стойкости, либо такие данные встречаются в информационных материалах, которых много в Интернете, но они носят неофициальный характер. Чтобы получить достоверные данные, необходимо отправлять официальный запрос производителю. Иногда ожидание ответа на такие запросы превышает 6 месяцев, что приводит к существенному увеличению срока разработки БРЭА. Кроме того, некоторые фирмы просто не могут предоставить такую информацию, так как используют материалы, которые сами не производят, а покупают. Как выход, можно оценивать радиационную стойкость ЭК иностранного производства по «типовым» параметрам, приведенным в приложении «Б» РД 134-0139, или топологической норме, если эти данные имеются, но, как показано в [4], такой подход дает не совсем корректные значения: они получаются либо завышенными, либо заниженными. Радиационная стойкость ИС лишь отчасти обусловлена величиной топологической нормы производства. Причина этого в том, что существенную роль, как показано в [1], играют технологическая карта производства и топология элементов микросхем. Коммерческая компонентная база постоянно обновляется: каждые полгода на рынке появляются новые типы ЭК, обладающие повышенными показателями стойкости.

ЛИТЕРАТУРА

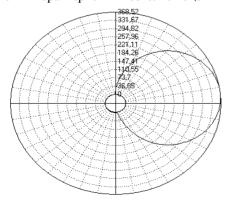
- 1. Полесский С., Жданов В. Обеспечение радиационной стойкости космических аппаратов при проектировании // Компоненты и технологии. 2010. №9
- 2. РД 134-0139—2005. Методы оценки стойкости к воздействию заряженных частиц космического пространства по одиночным сбоям и отказам.
- 3. ОСТ 134-1034–2003. Методы испытаний и оценки стойкости бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов к воздействию электронного и протонного излучений космического пространства по дозовым эффектам.
- 4. Попович А. Топологическая норма и радиационная стойкость // Компоненты и технологии. 2010. №9.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ СВЕТА

С.Ю. Хотненок, студент каф. ПрЭ

Научный руководитель Ю.Н. Тановицкий, доцент ПрЭ, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, Khotnenok@mail.ru

Производство светотехнической продукции на основе полупроводников связано со значительными мерами по контролю качества выпускаемой продукции; основными световыми характеристиками необходимыми для контроля качества, являются пространственное распределение силы света по углу (или, как принято называть эту зависимость в нашей стране, кривая силы света (КСС)) и световой поток, который вычисляется путем интегрирования КСС. Также изучение этих характеристик позволяет оценить эффективность выбранных тех-



нических решений и качество исходных материалов. Пример КСС светоизлучающей матрицы «СИМ 10Б», производства ОАО «НИИПП», полученный автором с использованием установки «ФЛАКС 7» приведен на рис. 1.

Рис. 1. Кривая силы света «СИМ 10Б» [1]

В продаже имеется множество средств светотехнических измерений: фотометрические сферы, оптические системы, служащие для измерения узких пучков излучения, гониофотометры. Фотометрические сферы разумно применять только для источников с небольшими линейными размерами. Различные оптические установки на основе линз применяют для локальных задач измерения источников света с узкой диаграммой направленности. Гониофотометрическая установка наиболее универсальна в плане измерения светильников разных габаритов и форм, что делает ее привлекательной как для больших предприятий-производителей с полным циклом производства светодиодов, так и для небольших фирм, занимающихся производством изделий на основе готовых светодиодов.

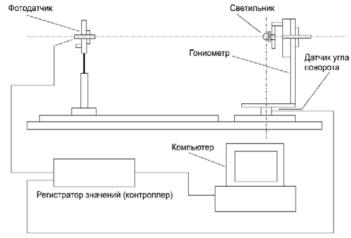


Рис. 2. Блок-схема гониофотометрической установки [1]

Принцип действия электронной гониофотометрической установки изложен в [1].

Сегодня в продаже имеется множество гониофотометрических установок, различающихся габаритами, точностью измерений. Лучшей отечественной разработкой в этой области является установка для измерения пространственного распределения силы света, силы излучения и их пространственного распределения «Флакс-7». Но она имеет ряд недостатков, таких как низкая скорость измерений и низкое качество программного обеспечения.

Целью данной статьи является описание проекта ГПО ПрЭ-1108, в котором автор занимается разработкой электронной гониофотометрической установки, на которой можно измерять как крупногабаритные

мощные уличные фонари, так и небольшие светильники. Основными преимуществами по сравнению с представленными на сегодняшний момент установками являются увеличенная скорость измерения за счет современных систем передачи данных и использования шаговых двигателей для поворота светильника; увеличенная точность измерения за счет использования второго датчика угла поворота, вращающегося в вертикальной плоскости.

В заключение стоит отметить, что подобные установки представляют собой основу светотехнических лабораторий многих фирм. В частности, два электронных гониофотометра имеются в ОАО «НИИПП», г. Томск, в фирме «Лаборатория исследований световых технологий – Л.И.С.Т.» г. Москва.

Проект ГПО Пр9-1108 — «Установка для измерения пространственного распределения силы света».

ЛИТЕРАТУРА

1. Азизян Г. Гониофотометрическая установка для определения углового распределения силы света / Г. Азизян, А. Артамонов, С. Никифоров // Полупроводниковая светотехника. М.: ООО «Медиа КиТ», 2010. С. 41–43.

УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ МОДУЛЬНОГО ТИПА

Р.М. Хуснутдинов, А.В. Батюнина, студенты Научный руководитель А.А. Козлов, директор ООО ПГ «ТАЛЛЕР» г. Томск. ТУСУР

Целью предлагаемой статье является описание устройства мониторинга сетевого напряжения модульного типа, удовлетворяющего следующим условиям: экономичность, простота исполнения, наличие связи с устройствами более высокого уровня, наличие индикации аварии с помощью силовых выходов, компактность.

На сегодняшний момент существует достаточно большое количество устройств мониторинга электрической сети. Наиболее близкие аналоги выпускают такие фирмы, как Fluke, Seneca и ОВЕН. Недостатками аналогов являются высокая стоимость, большие габаритные размеры, потребляемая мощность. В более доступных и компактных моделях отсутствует разделение сетевых ошибок, что не позволяет судить о причинах сбоя оборудования и проводить быстрые пусконаладочные работы. Габариты устройства играют важнейшую роль, так как оно монтируется в промышленные шкафы, распределительные блоки и прочие устройства, в которых в свою очередь размещаются системы управления технологических установок [1].

Основной задачей разрабатываемого прибора является измерения отклонения значения фазного напряжения от нормального значения в рамках трехфазной или однофазной сети.

В Российской Федерации существует государственный стандарт качества электросети: ГОСТ Р 54149-2010 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения». Данный стандарт регламентирует качество электрической энергии. Для проектирования наибольший интерес представляет отклонение сетевого напряжения по амплитуде. В соответствии с вышеуказанным стандартом нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения δU_y на выводах приемников электрической энергии равны соответственно ± 5 и $\pm 10\%$ от номинального напряжения электрической сети по ГОСТ 721 и ГОСТ 21128 (номинальное напряжение) [2].

Функциональная схема разрабатываемого прибора представлена на рис. 1.

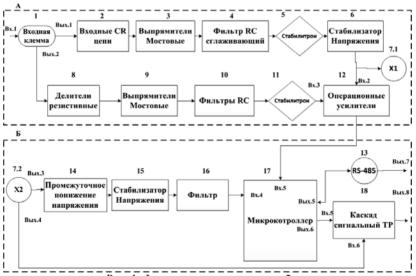


Рис. 1. Функциональная схема прибора

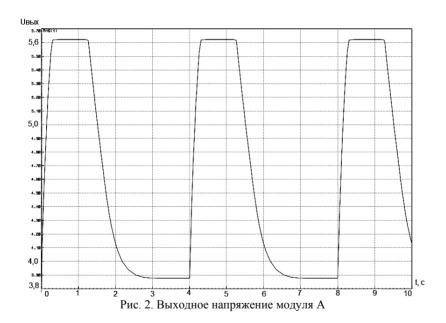
Отличительной особенностью прибора является модульная конструкция. На рис. 1 приведены 2 модуля устройства:

A – модуль измерения и питания, основная функция которого заключается в обеспечении измерения значений входного сигнала, а также в организации питания схемы усиления и модуля обработки.

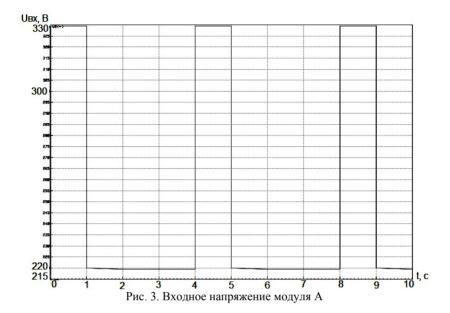
- Б модуль обработки и индикации, основная функция которого заключается в обработке полученных сигналов с модуля А посредством алгоритма программы микроконтроллера. Выходными сигналами модуля являются:
- 1. Аналоговый импульсный сигнал, реализованный с помощью твердотельных реле.
- 2. Цифровой сигнал, реализованный с помощью интерфейса RS 485 по протоколу MODBUS RTU.

При разработке прибора произведено моделирование модуля A в программном пакете PROTEUS, приложении ISIS. С помощью данного приложения разработана электрическая принципиальная схема модуля A и произведено моделирование системы [3].

На рис. 2 и 3 приведен результат моделирования, показывающий реакцию системы на изменение значения измеряемого входного напряжения.

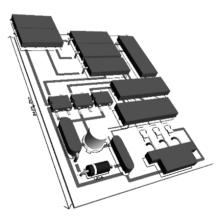


3D-модель печатной платы модуля A разработана в программном пакете PROTEUS, приложении ARES и приведена на рис. 4.



Авторами из найденных аналогов не обнаружены устройства, содержащие заявляемую совокупность существенных признаков, что позволяет сделать вывод о новизне разработанного прибора.

Рис. 4. 3D-модель печатной платы модуля A



ЛИТЕРАТУРА

- 1. Баркан Я.Д. Эксплуатация электрических систем. М.: Высшая школа, 1990.
- 2. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. М.: Энергоатомиздат, 1990.
- 3. Борисов П.А. Расчет и моделирование выпрямителей: учеб. пособие по курсу «Элементы систем автоматики». Ч. І. М.: СПб ГУ ИТМО, 2009. 169 с.

ВАРИАНТ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В ИСТОЧНИКАХ ПИТАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА БОРТОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

В.В. Иванов, аспирант каф. ПрЭ

г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, tusurovets@mail.ru

Вся электроника автомобильной бортовой системы питается от аккумуляторных батарей. В настоящее время многие автомобилисты сталкиваются с проблемой выхода из строя основного источника питания в случаях перенапряжения в бортовой системе.

Так, при некоторых условиях, например во время включениявыключения нагрузки, может происходить скачок напряжения до 100— 120 В в течение нескольких десятков миллисекунд. Во время таких бросков напряжения не успевает сработать предохранитель (его время срабатывания в десятки раз больше) и зачастую сгорает микросхема стабилизатора.

На сегодняшний день разработано множество схемотехнических вариантов защиты источников питания от перенапряжений а также от высокочастотного и импульсного воздействия [1]. Но большинство систем защиты основано на сгорании предохранителя через стабилитроны, супрессоры, варисторы, тиристоры. Следовательно, в случае перенапряжения потребуется производить мелкий ремонт источника питания либо менять предохранители. Также существуют довольно громоздкие системы активной защиты, в которых применяется 3 и более транзистора и множество пассивных элементов.

В связи с вышесказанным возникла задача создания простого, дешевого и надежного способа защиты источника питания от перенапряжений и внешних помех. Решение проблемы заключается в том, чтобы в случае перенапряжения срабатывала активная защита, отключающая источник питания от сети.

Таким образом, была разработана и испытана на практике схема, представленная на рис. 1.

Условно такую защиту можно разделить на несколько уровней.

Рассмотрим первый уровень механизма защиты. Если входное напряжение превышает некоторую заданную величину, определяемую стабилитроном VD2, то срабатывает (открывается) электронный ключ VT1, который выключает ключ VT2 и, соответственно, источник питания от аккумулятора. В качестве такого ключа был выбран силовой Р-канальный MOSFET с высоким рабочим напряжением до 200 В.

Второй уровень защиты – это супрессор VD4, который стоит после силового ключа. Супрессор необходим для того, чтобы сглаживать остаточные броски напряжения в моменты коммутации ключа. Кроме того, супрессор участвует в 3-м уровне защиты. Если входное напряжение оказалось экстремально большим и силовой ключ VT2 выйдет из строя, то должен сработать супрессор, который разомкнет цепь посредством входного предохранителя.

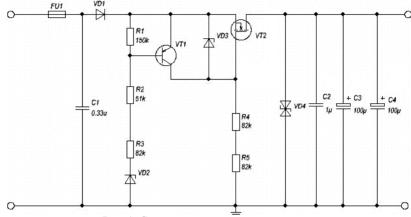


Рис. 1. Схема защиты от перенапряжения

Кроме того, в качестве защиты от обратного подключения первичного источника питания в данной схеме используется входной диод VD1, а в качестве защиты от высокочастотных помех стоит помехоподавляющий фильтр C1.

Стабилитрон VD3 устанавливается для управления работой ключа VT2.

В настоящее время схема прошла успешные испытания на макетной плате. На рис. 2 изображена осциллограмма срабатывания защиты при входном импульсе напряжения с амплитудным значением 120 В.

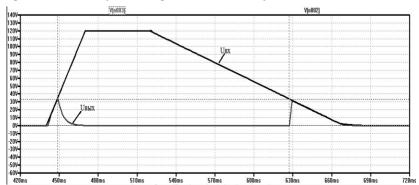


Рис. 2. Осциллограмма срабатывания защиты на модели

На рис. З изображена осциллограмма срабатывания защиты на макетной плате. Как видно из рисунков, защита надежно срабатывает.

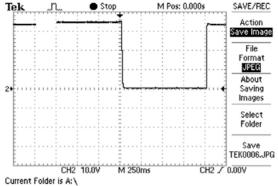


Рис. 3. Осциллограмма срабатывания защиты на макетной плате

Результат работы – создание недорогой и надежной системы, способной защитить источники питания в бортовых автомобильных системах от перенапряжений.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Шелестов И.П. Радиолюбителям: полезные схемы. Кн. 5. М.: СОЛОН-Пресс, 2003. 240 с.
- 2. Защита электронных устройств от перенапряжения [Электронный ресурс]. URL: http://www.radiomaster.net/load/16-30/index.html

АППРОКСИМАЦИЯ НАПОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ АЛГЕБРАИЧЕСКИМИ ПОЛИНОМАМИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА НЕФТИ

И.В. Карпов, С.В. Соболев, магистранты 1-го курса г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, shadq@sibmail.com

При транспортировке нефти по трубопроводам всегда есть необходимость измерения её расхода, скорости её перекачки по тому или иному участку трубопровода, а также трубопроводу в целом, по которому перекачивается нефть. Существующие расходомеры дорогостоящи, сложны в эксплуатации и часто требуют чистки, ремонта и других профилактических работ по поддержанию их работоспособности. Поэтому расходомеры ставятся только на самых крупных нефтеперекачивающих станциях. Между тем для подсчета объёмов перекачиваемой нефти по участкам трубопроводов за тот или иной промежуток времени, контроля режима перекачки нефти по ним, а также для более оперативного выявления утечек нефти из трубопровода и решения других задач нужно измерять расход нефти на всех нефтеперекачивающих станциях. Поэтому создание прибора, работающего на основе метода косвенного измерения расхода нефти, является актуальной задачей. Одним из таких методов является метод, основанный на использовании напорной характеристики насосного агрегата и развиваемого им напора, является разностью напоров на его входе и выходе. При этом напорная характеристика должна быть аппроксимирована какими-либо простыми и хорошо изученными функциями.

В данной статье рассматривается задача аппроксимации напорной характеристики насосных агрегатов алгебраическими полиномами, являющимися наиболее простыми и доступными для реализации функциями. Результаты её решения являются необходимой основой для создания методов косвенного измерения расхода нефти с использованием напорной характерис-

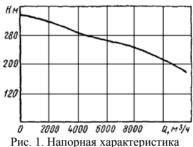


Рис. 1. Напорная характеристика насоса НМ 10000-210

тики насосных агрегатов и развиваемых ими напоров.

Для решения задачи возьмём за основу график, описывающий зависимость развиваемого напора от расхода нефти через насосный агрегат типа НМ 10000-210 (рис. 1). Данный график заимствован нами из работы [1].

На графике по оси ординат отложены значения развиваемого напора, измеряемого в метрах, а на оси абсцисс — значения расхода в кубических метрах в час. Для получения аппроксимации возьмём несколько точек при фиксированном шаге по расходу и составим таблицу из этих значений. Воспользовавшись программным пакетом Math-CAD 13, выполним следующие основные этапы:

- 1. По выбранным точкам, взятым из напорной характеристики (см. рис. 1), построим графики зависимости напора от расхода.
 - 2. Аппроксимируем графики полиномами порядка от n = 1 до n = 5.
- 3. Определим средние квадратичные отклонения, средние отклонения по модулю и максимальные отклонения значений напора, приведённых в табл. 1 и полученных с применением построенных аппроксимирующих полиномов.

Для описания зависимости напора от расхода проведём аппроксимации при шагах по расходу в $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$, так как данные шаги занимают половину цены деления ($2000 \text{ м}^3/\text{ч}$). Ниже приведены таблицы значений расхода и напора при данном шаге по расходу.

Таблица 1

				- 7 1			и шаг					
Q, м ³ /ч	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000
Н, м	340	330	320	305	290	280	270	255	240	230	215	195

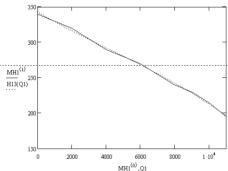


Рис. 2. Пример построения графика по точкам и его аппроксимация

В качестве примера на рис. 2 приведен график, построенный по точкам из табл. 1 (сплошная линия) и его аппроксимация полиномом 3-го порядка (пунктирная линия).

В табл. 2 представлены средние квадратичные отклонения, средние отклонения по модулю и максимальные отклонения, характеризующие погрешности аппроксимации напорной

характеристики алгебраическими полиномами 1-5-го порядка.

В табл. 2 приняты следующие обозначения: S2H – среднее квадратичное отклонение напора, SH – среднее отклонение напора по модулю, MH – максимальное отклонение напора.

Таблица 2 Значения средних квадратичных отклонений, средних отклонений по модулю и максимальных отклонений при построении аппроксимации зависимости мощности от расхода при порядках полинома от 1 до 5 при шаге по расходу 1000 м³/ч

n	S2H, м	SH, м	МН, м
1	3,096	2,623	5,667
2	2,144	1,96	3,817
3	2,043	1,851	3,39
4	1,524	1,174	2,817
5	1,555	1,192	2,836

Представленные в табл. 2 результаты позволяют сделать следующие выводы:

- При увеличении порядка полинома значения отклонений в большинстве случаев уменьшаются (при пятом порядке больше, чем при четвёртом).
- \bullet Таким образом, для аппроксимации зависимости напора от расхода наиболее подходит полином четвёртого порядка при шаге по расходу $1000~\text{m}^3/\text{ч}$.

Данные результаты являются основой для разработки методов косвенного измерения расхода нефти и будут использованы нами на последующих этапах выполняемых исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Караев М.А., Азизов А.Г. Работа центробежных насосов на вязких жидкостях. Баку: АГНА, 2005. 175 с.

МОДЕЛЬ ПОВЫШАЮЩЕГО КВАЗИРЕЗОНАНСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ В НУЛЕ ТОКА

Р.Н. Киндеркнехт, студентка 6-го курса ФЭТ

Научный руководитель В.Д. Семенов, проф. каф. ПрЭ, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, mykinderknecht@yandex.ru

Повышающие преобразователи постоянного напряжения находят применение в корректорах коэффициента мощности, в системах питания космических аппаратов, где первичным источником энергии является солнечная батарея, имеющая низкое выходное напряжение (рис. 1).

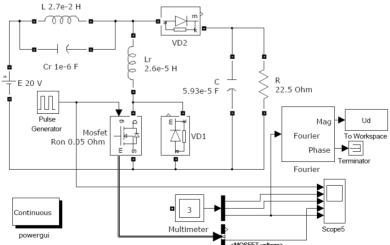
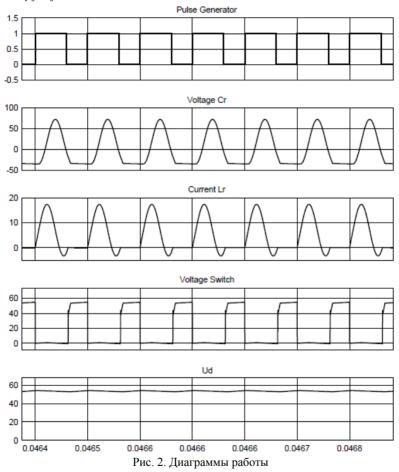


Рис. 1. Модель повышающего преобразователя в MATLAB/Simulink

В настоящее время одним из методов повышения эффективности непосредственных преобразователей напряжения является метод квазирезонансного управления силовым транзистором. Этот метод позволяет уменьшить или практически исключить динамические потери за счет переключения транзистора при нулевом токе или нулевом напряжении. Это достигается введением в схему дополнительного коммутационного LC-контура, который участвует в процессе передачи энергии в нагрузку.



Для схемы повышающего преобразователя с переключением в нуле тока процесс коммутации начинается активным включением транзистора. В этот момент к нему подключается «разряженный» дроссель Lr, ток через который на интервале открытого состояния ключа принимает синусоидальную форму. К моменту, когда ток дросселя Lr доходит до нуля, происходит пассивное выключение транзистора (рис. 2).

С помощью САПР MATLAB и его пакета расширения Simulink рассчитана модель повышающего квазирезонансного преобразователя напряжения с переключением в нуле тока и исследованы его характеристики. Полученные результаты могут быть полезны студентам, изучающим дисциплины «Полупроводниковые ключи в силовых схемах»

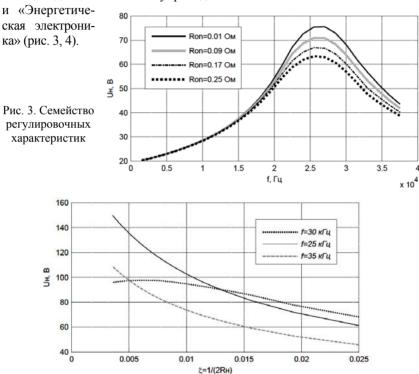


Рис. 4. Семейство внешних характеристик

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование / Пер. с англ. К.: МК-Пресс, 2007. 288 с.
- 2. Денисов Ю.А., Гомельский К.К. Статические характеристики квазирезонансного параллельного импульсного преобразователя постоянного напряжения, переключаемого при нулевом токе.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОЯЧЕЙКОВОГО ФОРМИРОВАТЕЛЯ АСИММЕТРИЧНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА (НАПРЯЖЕНИЯ)

О.В. Клакович, С.С. Тюнин, студенты каф. ПрЭ; А.В. Храмцов, электроник каф. ПрЭ

Научный руководитель В.Д. Семенов, проф. каф. ПрЭ, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, Klakovich.Oleg@gmail.com, Tun89@sibmail.com, hav@ie.tusur.ru.

Использование нестационарных токов и напряжений, в частности асимметричных синусоидальных, является актуальным, благодаря: интенсификации электрохимических процессов, уменьшению пассивации электродов и отравления мембран, достижению новых результатов электрохимических процессов [1].

Вместе с тем схемотехнические решения, позволяющие сформировать асимметричные формы токов и напряжений, мало изучены, поэтому их исследование представляется актуальным для силовой электроники. В [2] авторами была предложена многоячейковая структура асимметричного квазисинусоидального тока, благодаря которой достигается увеличение выходного напряжения при сохранении меньшего значения рабочих параметров транзисторных ключей.

В данной работе рассматривается моделирование в среде Matlab многоячейкового формирователя асимметричного синусоидального напряжения на основе трех ячеек-формирователей асимметричного квазисинусоидального тока.

На рис. 1 приведена математическая модель одной ячейки-формирователя в среде Matlab.

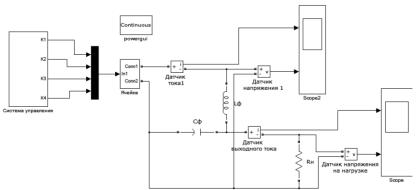


Рис. 1. Математическая модель одноячейкового формирователя

Модель содержит две подсистемы: систему управления, реализующую алгоритм управления ключами, с помощью которого формируется асимметричный выходной сигнал, и ячейку, представляющую собой инвертор на идеальных ключах. Параметры выходного сигнала измеряются с помощью датчиков выходного тока и напряжения.

Ячейка представляет собой инвертор напряжения, вход которого подключен к источнику постоянного напряжения 200 В. Параметры выходного фильтра были выбраны исходя из частоты коммутации ключей $f_k=100~\mathrm{k\Gamma}$ ц и коэффициента пульсаций $K_{\Pi}=0,05$, при этом $C_{\Phi}=1~\mathrm{mk\Phi},~L_{\Phi}=0,5~\mathrm{mFh}$. Величина резистора нагрузки составляет $R_{\Pi}=100~\mathrm{Om}$. Результат моделирования формирователя приведен на рис. 2.

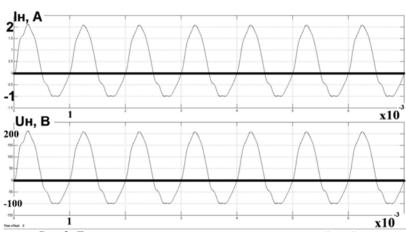


Рис. 2. Диаграммы тока и напряжения на нагрузке одной ячейки формирователя

Исходя из результатов моделирования, можно утверждать, что модель работает корректно и система управления организует алгоритм, формирующий асимметричный сигнал на выходе преобразователя, обеспечивающий коэффициент симметрии $K_{\rm s}=0.5$ ($I_{\rm max}=2$ A, $I_{\rm min}=-1$ A, $U_{\rm max}=200$ B, $U_{\rm min}=-100$ B, f=1 к Γ ц).

Увеличив количество ячеек до трех и соединив и последовательно, следует ожидать увеличения выходного тока и напряжения. Математическая модель формирователя с использованием трех ячеек приведена на рис. 3.

Результаты моделирования приведены на рис. 4.

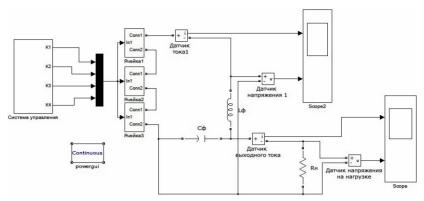


Рис. 3. Модель формирователя с использованием трех ячеек

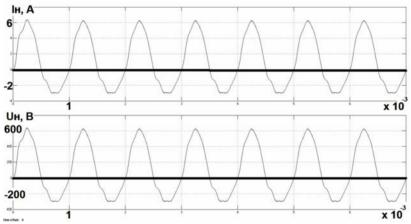


Рис. 4. Диаграммы тока и напряжения на нагрузке трехъячейкового формирователя

Проведенное моделирование многоячейковой структуры подтверждает ее работоспособность. При этом полученные результаты позволяют утверждать о пропорциональном увеличении максимальных значений тока и напряжения в соответствии с количеством используемых ячеек при сохранении величины коэффициента симметрии ($I_{\text{max}}=6~\text{A},~I_{\text{min}}=-3\text{A},~U_{\text{max}}=600~\text{B},~U_{\text{min}}=-300~\text{B},~f=1~\text{к} \Gamma_{\text{Ц}}$). При использовании большего количества ячеек, пропорциональное увеличение выходной мощности сохранялось, что позволяет говорить о применимости многоячейковой структуры для получения больших выходных мощностей.

Проект ГПО Пр9-1015 — «Устройство для электрохимической обработки жидкости затворения строительных смесей».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Активированные жидкости, электромагнитные поля и фликер-шум. Их применение в медицине и сельском хозяйстве / О.А. Пасько, А.В. Семенов, Г.В. Смирнов, Д.Г. Смирнов. Томск: ТУСУР, 2007. 410 с.
- 2. Демченко Д.Ю., Клакович О.В., Тюнин С.С. и др. Ячейка-формирователь асимметричного квазисинусоидального тока / Научная сессия ТУСУР–2011: матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: в 6 ч. Ч. 5. Томск, 2011. С. 39–41.

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НАГРЕВАТЕЛЯ КАТОДА ЭЛЕКТРОРАКЕТНОГО ПЛАЗМЕННОГО ДВИГАТЕЛЯ

К.С. Коротков, магистрант каф. ПрЭ

Научный руководитель М.В. Михайлов, доцент, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, setka-pauk@mail.ru

При запусках искусственных спутников Земли постоянно возникает одна и та же ситуация. Спутник выводится на первоначальную, опорную орбиту высотой около 150 км. Далее его нужно перевести на геостационарную орбиту на высоту 36000 км. Для этого включают двигатель, который и производит нужный маневр, проработав некоторое время. К космическим аппаратам, создаваемым для работы на геостационарной орбите, предъявляется требование к длительному сроку службы, выполнить которое невозможно без двигательной установки коррекции орбиты. В космических аппаратах современного поколения установки такого типа выполнены на базе стационарных плазменных двигателей (СПД). Такие двигатели периодически включаются по командам с Земли, и за счет создаваемого ими вектора тяги космический аппарат перемещается в заданном направлении, таким образом, поддерживается его расчетная орбита.

Основными элементами СПД являются анод — основной силовой каскад, нагреватель катода, электрод поджига, магнитные катушки и термодроссель. Структурная схема элементов СПД показана на рис. 1.

На первый взгляд плазменный двигатель — очень простое устройство. Это кольцевой электромагнит, в зазор которого помещена камера (ее называют также каналом) из диэлектрического материала. В глубине камеры расположен анод. Снаружи, возле среза камеры, расположен катод-нейтрализатор. Рабочее вещество (ксенон) поступает в канал и вблизи анода ионизуется. Ионы ускоряются в электрическом поле и вылетают из двигателя, создавая реактивную тягу. А электроны,

как и в ионном двигателе, попадают на анод, проходят по цепи до катода-нейтрализатора и поступают в ионный поток, нейтрализуя и его, и двигатель. Делать это абсолютно необходимо – в противном случае спутник, выбрасывая положительные ионы из двигателя, приобрел бы отрицательный потенциал большой величины.

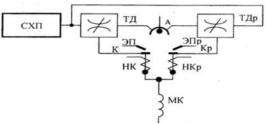


Рис. 1. Структурная схема элементов СПД: A – анод; K – катод; Kp – катод резервный; МК – магнитные катушки; НК – нагреватель катода; НКр – нагреватель катода резервный; ЭП – электрод поджига; Пэр – электрод поджига резервный; ТД – термодроссель; ТДр – термодроссель резервный; СХП – система хранения и подачи топлива

За последние несколько лет были усовершенствованы эксплуатационные характеристики СПД, что повлекло ужесточение требований, предъявляемых к системе электропитания и управления, основной частью которой является устройство запуска и электропитания (УЗЭП). В первую очередь это коснулось мощностных и массогабаритных параметров электропитания элементов СПД.

Наибольшее распространение получила схема УЗЭП с тремя раздельными преобразователями, так как для магнитных катушек не требуется отдельного источника питания, в связи с их последовательным включением в цепь разряда анод-катод. Данная схема УЗЭП включает в себя источник питания разряда, источник питания нагревателя катода (НК) и генератор поджигающих импульсов.

Источник питания нагревателя катода применяется для стабилизации его тока. Он включается только в момент запуска и подготовки к запуску двигателя.

Известно устройство электропитания нагревателя катода, недостатком которого являются повышенные пульсации тока потребления и помехи, из-за чего необходимо увеличивать массу входного фильтра, что приводит к увеличению массогабаритных показателей. Эти показатели можно существенно снизить, если осуществлять питание нагревателя катода переменным током. Наилучшие выходные характеристики источника питания нагревателя катода получаются при питании переменным током треугольной формы, наибольшие потери возника-

ют, когда питают током в форме меандра с затянутым фронтом. В свою очередь, здесь возникает проблема измерения переменного тока дросселя в цепи питания нагревателя катода. На рис. 2 представлена структурная схема источника питания нагревателя катода на переменном токе.

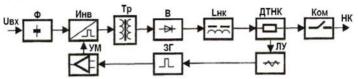


Рис. 2. Структурная схема источника питания нагревателя катода на переменном токе: Φ – фильтр; Инв – ивертор; Тр – трансформатор; В – выпрямитель; Lнк – дроссель; ДТНК – датчик тока; Ком – коммутатор; УМ – усилитель; 3Γ – задающий генератор; ЛУ – логическое устройство

При прохождении переменного тока через выпрямитель (В) в моменты коммутации возникают большие выбросы тока (пиковые значения). Это связано с неидеальностью работы полупроводниковых элементов – диодов. В результате таких процессов получается, что трансформатор работает в режиме короткого замыкания. Поэтому данный выпрямитель можно исключить из схемы, при этом увеличив не только мощностные характеристики, но и оптимизировав массогабаритные параметры.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Космические исследования. Т. XII. вып. 3. 461 с.
- 2. Наука и жизнь. №9. 1999.
- 3. Пат. 2265135 РФ. Устройство запуска и электропитания электрореактивного плазменного двигателя / М.В. Михайлов, Н.М. Катасонов // БИ. 2005. №33
- 4. А.с. №752664 СССР. Преобразователь напряжения / А.М. Баранов, М.М. Глибицкий и др. // БИ. 1980. № 28.

ЛАБОРАТОРНЫЙ МАКЕТ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ

А.П. Крайняк, магистрант 6-го курса каф. ПрЭ Научный руководитель В.Д. Семёнов, проф., к.т.н. г. Томск, ТУСУР, mode89@mail.ru

В связи с исчерпаемостью традиционных источников энергии (нефти, природного газа и угля) в настоящее время существует по-

требность в альтернативных источниках энергии [1]. Солнечное излучение является практически неисчерпаемым энергетическим ресурсом, вследствие чего одной из задач электронной техники является исследование и поиск наиболее эффективных способов преобразования солнечной энергии в электрическую.

В данной работе рассматривается установка преобразователя солнечной энергии в электрическую энергию с использованием двигателя Стирлинга. Структура данной установки показана на рис. 1. Солнечные лучи при помощи концентратора фокусируются на нагревателе двигателя Стирлинга. Двигатель вращает вал генератора постоянного тока (ГПТ), который в свою очередь вырабатывает напряжение. Затем это напряжение преобразуется в стабилизированное синусоидальное напряжение, которое можно использовать для питания бытовых приборов либо для отдачи энергии в промышленную сеть. Для повышения эффективности в данной установке предусмотрена система отслеживания положения Солнца, которая направляет концентратор на Солнце.

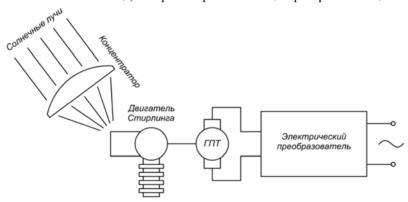


Рис. 1. Структура установки преобразователя солнечной энергии в электрическую энергию

На рис. 2 представлена структурная схема электрического преобразователя. Повышающий преобразователь увеличивает и стабилизирует напряжение на уровне 12 В. Инвертор напряжения формирует ШИМ — сигнал по синусоидальному закону. LC-фильтр выделяет из сигнала инвертора синусоидальный сигнал, убирая более высокие гармоники. Трансформатор повышает полученное синусоидальное напряжение до уровня 110 В. Расчёт и выбор компонентов схемы преобразователя выполнены в соответствии с рекомендациями, изложенными в [2].

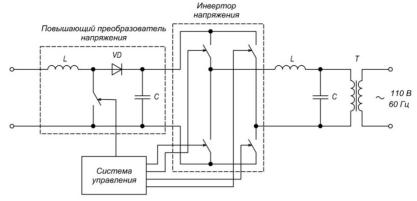


Рис. 2. Структура электрического преобразователя

Система управления, выполненная на микроконтроллере ATmega8 компании Atmel, управляет электронными ключами повышающего преобразователя и инвертора напряжения. Она исполняет роль звена обратной связи повышающего преобразователя и роль модулятора в инверторе напряжения.

Для стабилизации выходного напряжения повышающего преобразователя в микроконтроллере программно реализован алгоритм интегрирующего регулятора. Выходное напряжение повышающего преобразователя через делитель напряжения, собранный на прецизионных резисторах, считывается при помощи АЦП микроконтроллера. Сигнал, управляющий запиранием ключа в схеме повышающего преобразователя, подаётся непосредственно с порта микроконтроллера на затвор MOSFET, исполняющего роль ключа.

Также в микроконтроллере программно реализован алгоритм управления ключами инвертора напряжения, позволяющий модулировать синусоидальный сигнал. Производительности выбранного микроконтроллера недостаточно для того, чтобы программно вычислять значение синусоидальной функции с частотой квантования, поэтому значения длительностей импульсов модулированного сигнала вычислены заранее и хранятся внутри программы в виде статического массива.

Для проверки результатов расчётов и алгоритмов управления была создана модель электронного преобразователя в среде Simulink программного пакета Matlab. На рис. 3 приведены графики, иллюстрирующие выходной сигнал повышающего преобразователя, инвертора и нагрузки, построенные в среде моделирования.

На рис. 4 приведён выходной сигнал повышающего звена макета преобразователя, а на рис. 5 — напряжение на нагрузке.

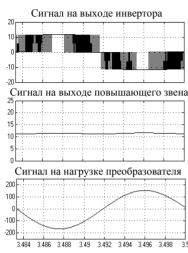


Рис. 3. Результаты моделирования



Рис. 4. Выходное напряжение повышающего звена

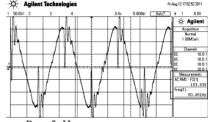


Рис. 5. Напряжение на нагрузке

В будущем планируется разработать преобразователь, позволяющий отбирать от двигателя Стирлинга всю мощность и передавать излишек энергии в промышленную сеть, а также использовать более мощный микроконтроллер, реализующий функции системы управления.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб. пособие. СПб.: СЗТУ, 2003. 79 с.
- 2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. М.: Техносфера, 2005. 632 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА УРОВЕНЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

К.В. Низаметдинов, студент

Научный руководитель В.А. Скворцов, доцент каф. ПрЭ, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, morbisignare@me.com

Актуальность исследований. Проблема электромагнитной совместимости, ставшая актуальной в 1940-х годах для систем передачи информации, выдвигается на первый план во всех областях производства, передачи и распространения электроэнергии. Усложнение электри-

ческих систем, введение в эксплуатацию мощных электроприводов, вентильных преобразователей, высокая степень автоматизации производства резко обостряют проблему электромагнитной совместимости. Её значимость соизмерима со значимостью проблем энергосбережения, надёжности, энергетической безопасности [1].

Цель исследований. Целью является исследование уровня электромагнитных помех (ЭМП) силового однотактного повышающего преобразователя при двух режимах работы: прерывистый и непрерывный ток дросселя.

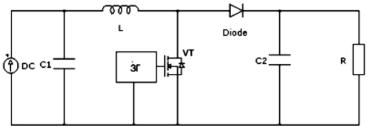


Рис. 1. Электрическая схема макета: DC – источник постоянного напряжения; C1, C2 – электролитические конденсаторы; L – линейный дроссель; Diode – диод; VT – транзистор; 3Γ – задающий генератор; R – нагрузка

На рис. 2 приведена структурная схема проведения испытаний на кондуктивную помехоэмиссию [2]. В таблице представлены технические средства используемые в испытаниях.

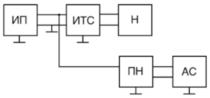


Рис. 2. Схема проведения испытаний: ИП – источник электропитания; ИТС – испытуемое техническое средство; Н – нагрузка; ПН – пробник напряжения; АС – анализатор спектра

Используемые ТС

Техническое средство	Модель
Источник питания ИП	HTP 40.5–25.8
Пробник напряжения ПН	TK 11
Анализатор спектра АС	R&S FSP 1164.4396 30

Условия проведения испытаниий. К условиям проведения испытания относятся: одинаковое напряжение электропитания ИТС в

двух режимах работы, нагрузка, внешние условия. Среднее значение тока дросселя в непрерывном режиме меньше в 2 раза среднего значения тока дросселя в прерывистом режиме.

Выводы по результатам исследования. На рис. 3 представлена спектрограмма помех по положительной шине питания, полученная в ходе выполнения экспериментов, где пунктиром обозначен прерывистый режим, а сплошной линией – режим непрерывного тока дросселя. На полученной спектрограмме видно: в диапазоне частот 9 кГц -1 МГц уровень электромагнитных помех (ЭМП) непрерывного режима ниже на 1–14.9 дБ. Наличие ЭМП в этом диапазоне объясняется присутствием гармоник рабочей частоты коммутации ключа – 100 кГц. Более низкий уровень ЭМП в этом случае объясняется меньшим значением тока дросселя. В диапазоне частот 1-60 МГц уровень ЭМП в прерывистом режиме ниже на 1,22–15 дБ. Такая ситуация объясняется мягкой коммутаций диода. В непрерывном режиме ток дросселя, к моменту открытия транзистора не успевает снизиться до нуля, таким образом, выключение диода происходит с запаздыванием (т.к. ток в дросселе не может измениться мгновенно), что и приводит к появлению бросков тока. В прерывистом режиме ток успевает снизиться до нуля, вследствие чего нет принудительной коммутации диода. Уровень ЭМП в диапазоне выше 1 МГц гораздо сложнее уменьшить, поэтому при проектировании силового преобразователя рекомендуется использовать режим прерывистого тока для заблаговременного уменьшения уровня ЭМП в данном частотном диапазоне.

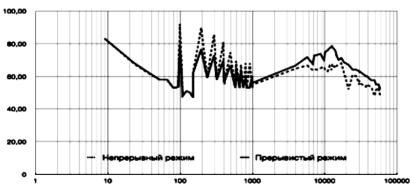


Рис. 3. Спектрограмма кондуктивных ЭМП по положительной шине питания

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев Е.Н. Электромагнитная совместимость полупроводниковых преобразователей с сетью и нагрузкой: дис. ... канд. техн. наук. УФА, 2010. 175 с.

2. ГОСТ Р 51317.3.2-99. Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний. Введ. 2002-01-01. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2000. 26 с

ПРОГРАММА РАСЧЁТА КОНСТРУКТИВНЫХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Н.С. Легостаев, доцент, к.т.н.; А.С. Окружко, студент ФЭТ г. Томск, TУСУР, lns@ie.tusur.ru

Предложено программное приложение, позволяющее производить расчёт трансформаторов при различных законах изменения напряжения высокой частоты.

При создании функциональных узлов силовой электроники в основном используются серийно выпускаемые комплектующие изделия. Что же касается электромагнитных элементов, то в силу разнообразных требований, предъявляемых к ним и обусловленных спецификой их работы, электромагнитные элементы, как правило, требуют индивидуального подхода к их проектированию [1, 2].

Современная элементная база магнитопроводов ведущих зарубежных (Ерсоs, Samwha, Ferroxcube и другие) и отечественных (Гаммамет, ОАО Ферроприбор и другие) производителей представлена широким спектром магнитных материалов: Мо-пермаллой (МРР, High Flux), альсифер (Sendast, Super-MSS, Kool Мµ), аморфные (VITROVAC) и нанокристаллические (VITROPERM) магнитомягкие материалы (сплавы), ферритовые материалы, магнитодиэлектрики и др. Однако отсутствие полной информации о магнитных свойствах материала и различные подходы к проектированию магнитных элементов ставят перед разработчиком ряд серьёзных проблем.

Стремясь облегчить использование своей продукции, производители обеспечивают потенциальных потребителей разнообразными справочными данными, методиками расчёта, а также простейшими компьютерными программами. Благодаря созданному программному обеспечению сокращаются сроки разработки и упрощается расчёт магнитных элементов. Однако программы не дают возможности расширить базу данных материалов и конструктивно-технологических параметров магнитопроводов, в основном ориентированы на расчёт сетевых и импульсных трансформаторов, а также высокочастотных трансформаторов при синусоидальном напряжении.

Рассматривается программное приложение, направленное на расчёт конструктивных и электромагнитных параметров трансформаторов высокой частоты при различных законах изменения напряжения.

Программное приложение содержит методики расчёта, базу данных материалов и конструктивно-технологических параметров магнитопроводов зарубежной компании «EPCOS» и отечественного научнопроизводственного предприятия «Гаммамет», базу данных моточных проводов.

Исходными данными для методики расчёта являются материал магнитопровода, параметры закона изменения напряжения, мощность первичной обмотки, максимальное напряжение первичной и вторичной обмоток, допустимый перегрев, температура окружающей среды, а выходными — тип и объём магнитопровода, количество витков первичной и вторичной обмоток, тип провода первичной и вторичной обмоток, суммарные потери мощности в трансформаторе.

Расчёт потерь мощности учитывает полные потери, которые складываются из потерь в магнитопроводе и потерь в обмотках. Потери мощности в магнитопроводе состоят из потерь на гистерезис, потерь на вихревые токи и потерь вследствие магнитной вязкости (магнитного последействия). Следует отметить, что явление магнитного последействия проявляется при частотах порядка нескольких сотен и даже тысяч килогерц. Такая частота в современных функциональных узлах силовой электроники практически не реализуется, поэтому на данном этапе разработки программного приложения составляющая потерь, обусловленная магнитным последействием, не учитывается [3].

Потери мощности в обмотках складываются из активных потерь, потерь, обусловленных скин-эффектом, и потерь в связи с эффектом близости. Следует отметить, что сопротивление проводников протеканию изменяющегося тока может быть значительно выше сопротивления протеканию постоянного тока и что эффективное сопротивление проводников при несинусоидальной форме тока также существенно превышает сопротивление протеканию тока при синусоидальной форме тока. Эффект близости имеет тенденцию становиться доминирующим в образовании потерь в проводах магнитных элементов электронных устройств, особенно когда обмотки многослойные [4].

Расчёт высокочастотных трансформаторов проводится в следующей последовательности: используя коэффициент удельных потерь ферромагнитного материала магнитопровода, величину мощности первичной обмотки трансформатора и заданное допустимое значение перегрева, определяются критическая частота и объём магнитопровода; из базы данных выбирается тип магнитопровода; определяются электромагнитные параметры трансформатора, оптимальная магнит-

ная индукция, мощность потерь в магнитопроводе и мощность потерь в обмотках.

Для определения потерь при синусоидальной форме напряжения в магнитопроводе используется хорошо себя зарекомендовавшая фор-

мула:
$$p = p_0 \cdot \left(\frac{f}{f^*}\right)^{\alpha} \cdot \left(\frac{B}{B^*}\right)^{\beta} \cdot V_M$$
 , где f^* — базовое значение частоты

изменения магнитного поля; B_m^* — базовое значение индукции магнитного поля; p_0,α,β — коэффициенты, полученные из обработки экспериментальных зависимостей $p(f,B_m)$.

Для определения потерь мощности при несинусоидальной форме напряжения вводится коэффициент γ , и формула принимает вид [1]

$$p = \gamma \cdot p_0 \cdot \left(\frac{f}{f^*}\right)^{\alpha} \cdot \left(\frac{B}{B^*}\right)^{\beta} \cdot V_M.$$

Рассмотренное программное приложение может быть рекомендовано при изучении дисциплин схемотехнического профиля, в том числе в рамках дистанционных образовательных технологий.

Проект ГПО ПрЭ-1014 – «Система энергообеспечения с заданными параметрами электрической энергии».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Горский А.Н. Расчёт электромагнитных элементов источников вторичного электропитания / А.Н. Горский, Ю.С. Русин, Н.Р. Иванов, Л.А. Сергеева. М.: Радио и связь, 1988, 176 с.
- 2. Стародубцев Ю.Н. Теория и расчёт трансформаторов малой мощности. М.: ИП РадиоСофт, 2005. 320 с.
- 3. William M. Flanagan Handbook of transformer design and application. 2nd ed. Boston, Massachusetts, 1992.
- 4. Ray Ridley The lossless in the windings due to the proximity effect // IEEE Power Electronics Specialist Conference (PESC), 2006.

ОТЛАДКА ФАЗОВОГО УПРАВЛЕНИЯ НА МК МС56F8013

А.А. Петренко, студент 6-го курса; В.М. Саюн, доцент, к.т.н.; В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО каф. ПрЭ

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, cutter@sibmail.com

Схема мостового инвертора с дросселем приведена на рис. 1 [1]. Управление ключами инвертора реализовано на основе фазового управления.

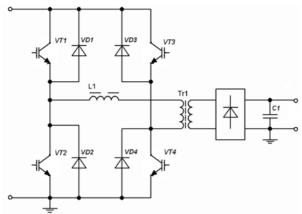


Рис. 1. Мостовой инвертор с дросселем в цепи переменного тока

Блок-схема алгоритма фазового управления на базе МК MC56F8013, приведена на рис. 2.

Настраивать ШИМ-модуль МК удобно с помощью окна графической конфигурации (Graphical Configuration Tool) (рис. 3).

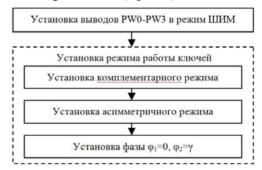


Рис. 2. Блок-схема алгоритма фазового управления

1. Настройка выводов PW0-PW1 микроконтроллера в режим ШИМ

Выводы микроконтроллера могут работать на вход и на выход. Настраиваем выводы PW0–PW3 микроконтроллера в альтернативный режим (только ШИМ). Для этого в регистр PEREN записываются логические единицы в биты с 0 по 3. При этом выводы PW0–PW3 будут формировать ШИМ-сигнал после дальнейших настроек.

2. Выбор вида ШИМ

В окне «Graphical Configuration Tool» устанавливаем режим двухсторонней симметричной ШИМ (Alignment-Center). Счетчик цифрового кода модуля ШИМ переходит в режим реверсивного счета. На интервале от 0 до $T_{\rm ИНВ}/2$ коэффициент счетчика нарастает от 0 до максимального значения, а на интервале от $T_{\rm ИНВ}/2$ до $T_{\rm ИНВ}$ код уменьшается от максимального значения до 0. На рис. 4 показана синхронизация по времени выходного напряжения инвертора и напряжения пилы. Периоды инвертора и пилы совпадают $T_{\rm ИНВ}=T_{\rm ПИЛ}$.

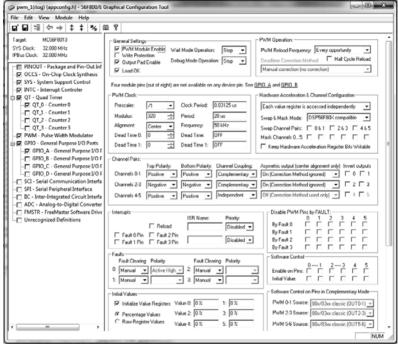


Рис. 3. Окно графической конфигурации Graphical Configuration Tool

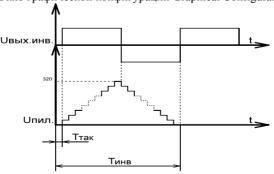


Рис. 4. Формирование двухсторонней пилы

3. Установка частоты пилы

Выбранный МК МС56F8013 работает на частоте

$$f_{\text{так}} = 1/T_{\text{max}} = 32$$
 МГц.

Эту частоту можно уменьшать с помощью коэффициента деления: 1, 2, 4 или 8. Для более точного регулирования фазы сигналов выбираем коэффициент 1. Для этого во вкладке «Prescaler» окна «Graphical Configuration Tool» устанавливаем значение «/1» (см. рис. 3). Частота инвертора и пилы равна $f_{\rm ИНВ} = f_{\rm ПИЛ} = 50~$ кГц . Реализация этого условия заключается в расчете коэффициента N по формуле

$$N = \frac{T_{\text{ИНВ}}}{2T_{\text{ТаК}}} = \frac{f_{\text{ТаК}}}{2f_{\text{ТаК}}} = \frac{32 \text{ M}\Gamma_{\text{Ц}}}{2 \cdot 25 \text{ к}\Gamma_{\text{Ц}}} = 320.$$

Другими словами, N – это количество ступенек пилы на интервале от 0 до $T_{\text{инв}}/2$. Установка другого значения N приведет к изменению частоты инвертора. Устанавливаем modulus, равный 320 (см. рис. 3).

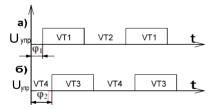
4. Установка режима работы ключей

4.1. Установка комплементарного режима

Во вкладке «Channel Coupling» окна «Graphical Configuration Tool» выбираем режим «Complementary», для «Channels 0-1» и «Channels 2-3» (см. рис. 3) «Channels 4-5» не задействуем. При этом ключи VT1 и VT2 инвертора работают в противофазном (комплементарном) режиме, ключи VT3, VT4 также работают в противофазе.

4.2. Установка асимметричного режима

Влючаем асимметричный режим работы ШИМ. Использование данного режима ШИМ необходимо для регулирования фазы сигналов.



Так, прямоугольную последовательность ключей VT1, VT2 и VT3, VT4 можно сдвигать по фазе (рис. 5).

Рис. 5. Установка фазы в сигналах управления

Для активации асимметричного режима работы ШИМ необходимо во вкладке «Asymetric output (Center Aligment only)» окна «Graphical Configuration Tool» (см. рис. 3) установить «On (Corrected Method ignored)» для «Channel 0-1» и «Channel 2-3». Асимметричный режим работы ШИМ можно реализовать только для двухсторонней пилы.

4.3. Установка фазы

При фазовом управлении $\varphi_1 = 0$, а φ_2 изменяется от 0 до $T_{\text{инв}}/2$.

Зададим сдвиг прямоугольной последовательности ключей VT1, VT2 равным ϕ_1 = 0. Для этого в программе установим границы счета

PwmVal0=320, а PwmVal1=0. Это означает, что на участке прямого счета от 0 до 320 будет формироваться логическая «1», а на участке обратного счета от 320 до 0 будет формироваться логический «0». Сигналы на выводах PWM0 и PWM1 являются инверсными.

Введем фазовый сдвиг ϕ_2 для сигналов прямоугольной последовательности ключей VT3, VT4. Установим границы счета PwmVal2 и PwmVal3. На участке от PwmVal3 до PwmVal2 (или от ϕ_2 до 320- ϕ_2) будет формироваться логическая «1», а на участке от PwmVal2 до PwmVal3 появится логический «0». Сигналы выводов PWM2 и PWM3 также являются инверсными.

Проект-ГПО-0911.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифоров Н.И., Рыжков В.В., Федотов В.А., Саюн В.М. Источник электропитания для электронно-ионно-плазменных технологий модификации поверхностей // Итоги научно-исследовательских работ и курсового проектирования студентов 1–4-х курсов кафедры промышленной электроники: матер. ежег. науч.-практ. конф. (26–27 февр. 2009 г., г. Томск). Томск, 2009. С. 88.

ИМПУЛЬСНО-МОДУЛЯЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ

А.И. Темчук, магистрант 1-го курса; В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО; И.К. Идрисов, аспирант Научный руководитель В.Д. Семенов, проф. каф. ПрЭ, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, Alexander.Temchuk@gmail.com

В настоящее время в энергетике применяются цифроаналоговые комплексы моделирования процессов срабатывания устройств релейной защиты в реальном масштабе времени. При этом энергетическая система представляется моделью, а устройства защиты — реальным оборудованием. Для связи модели с реальным объектом требуются усилители, способные с минимальными искажениями передавать сигнал на устройство защиты, для проверки его реакции на такие факторы, как провалы, прерывания, несинусоидальность и выбросы напряжений; отклонение частоты и др. [1, 2].

Для связи модели трёхфазной энергетической системы и объектов релейной защиты предлагается разработать комплекс усилителей, состоящий из трёх независимых блоков усиления по напряжению (БУН).

Для реализации БУН было принято решение использовать усилитель класса D, т.к. усилительные элементы, работающие в режимах A, B и C, обладают высокими потерями энергии, что вынуждает разработчиков проектировать объемные системы охлаждения, которые по-

вышают массогабаритные показатели устройства. Разработанный импульсно-модуляционный усилитель решает задачи формирования выходного сигнала и воспроизведения входного с высокой точностью. Высокая точность достигается использованием в качестве формирователей последовательно соединённых автономных инверторов напряжения, каждый из которых имеет независимый источник питания и формирует выходное напряжение в определенной зоне от общего диапазона изменения выходного сигнала, что представляет собой многозонную импульсную модуляцию [3].

Основные требования, предъявляемые к БУН:

Напряжение питания – 220В±15% (действующее значение).

Рабочий диапазон частот – 0÷800 Гц.

Диапазон изменений входного аналогового сигнала $-\pm 10~\mathrm{B}$.

Отклонение фазовой хар-ки от линейной в диапазоне частот:

- от 100 до 800 Гц не более 0,5°.

Диапазон изменения выходного сигнала – ±300 В.

Мощность при работе на активную нагрузку 100 Вт.

Функциональная схема БУН представлена на рис. 1.

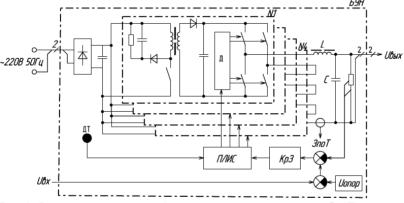


Рис. 1. Функциональная схема блока усиления по напряжению; ЗпоТ – защита по току; Д – драйвер; ДТ – датчик тока; Кр3 – корректирующее звено; ПЛИС – программ. лог. инт. сх.; $U_{\rm BX}$ – входной сигнал; $U_{\rm вых}$ – выходной сигнал; $U_{\rm опор}$ – опорное напряжение

БУН состоит из четырёх одинаковых ячеек. Каждая ячейка содержит в себе мостовой инвертор напряжения, источником питания которого является обратноходовой преобразователь с выходным напряжением $U_{\rm охп}=75~{\rm B}.$ Первичным источником питания для всех ячеек является выпрямитель со сглаживающим фильтром. Инверторы каждой ячейки, как упоминалось выше, соединены последовательно и

имеют на выходе общий LC-фильтр. Системой управления является программируемая логическая интегральная схема с описанной архитектурой. Данный формирователь охвачен отрицательной аналогоцифровой обратной связью, которая, в совокупности с высокой частотой модуляции $f = 100~\rm k\Gamma u$ и малой расчётной частотой общего выходного фильтра, обеспечивает минимальное отклонение по фазе в заданом диапазоне частот выход-ного сигнала.

Подробнее рассмотрим принцип формирования выходного сигнала. Каждый из инверторов имеет три устойчивых состояния. При замыкании одной из двух диагоналей инвертор формирует на выходе либо $+U_{\rm охп}$ питания, либо $-U_{\rm охп}$ питания. Когда замкнута верхняя или нижняя группы ключей, инвертор формирует на выходе 0 (нуль). Таким образом, с учетом последовательного подключения инверторов мы получаем возможность добавлять или исключать источники напряжения в контур протекания тока нагрузки, тем самым осуществляя многозонную импульсную модуляцию в пределах восьми зон. Пример формирования гармонического сигнала представлен на рис. 2. Здесь в пределах каждой зоны используется ШИМ-1 [4].

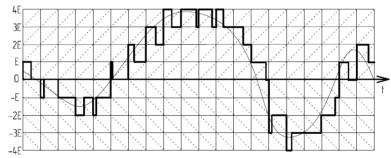


Рис. 2. Пример формирования выходного сигнала

Проект ГПО-0732.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. ГОСТ 13109–97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. 1997. 33 с.
- 2. ГОСТ 51317.4.11–99. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения электропитания. 1999. 21 с.
- 3. Кобзев А.В. Многозонная импульсная модуляция. Теория и применение в системах преобразования параметров электрической энергии. Новосибирск: Наука, 1979. 304 с.
- 4. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Музыченко Н.М. Модуляционные источники питания РЭА. Томск: Радио и связь, Томский отдел, 1990. 336 с.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ЭКСПРЕСС-ИСПЫТАНИЙ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ

Н.П. Винтоняк, студент каф. ПРЭ

Научные руководители В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО; В.Д. Семенов, доцент каф. ПрЭ г. Томск, ТУСУР, nic-nic91@yandex.ru

При конструировании новых электронных приборов разработчик сталкивается с задачей учета ухода параметров радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) под воздействием положительных и отрицательных температур. Несмотря на то, что предельные уходы параметров элементов от температуры указаны в их технических описаниях, расчет этого влияния на работоспособность РЭА представляет собой сложную и трудоемкую задачу и обычно проводится на этапе экспериментальных испытаний макета или опытного образца.

Наиболее точные результаты влияния температуры на работу схемы дают эксперименты, проводимые в климатических камерах [2]. Современные климатические камеры имеют возможность охлаждать испытуемый прибор до $-70~^{\circ}$ С и нагревать до температуры $+150~^{\circ}$ С. При этом имеется возможность изменять влажность окружающей среды, а также проводить циклические испытания РЭА. Основным недостатком проведения экспериментов с использованием климатической камеры является невозможность оперативно изменять точки измерения тока и напряжения в различных узлах схемы.

К контролируемым точкам схемы припаиваются длинные проводники, которые выводятся из камеры через специальные отверстия и подключаются к измерительным приборам, находящимся вне камеры (осциллографам, вольтметрам, амперметрам и т.д.). При этом поиск неисправностей возникающих при охлаждении прибора, является затратным по времени, т.к. при каждом изменении контролируемых точек приходится отогревать прибор в камере, производить монтаж выводимых проводников и снова охлаждать. К тому же длинные проводники вносят свои искажения в измеряемые сигналы.

Использование климатических камер для испытания макета на этапе, когда выявляются отдельные элементы, влияющие на температурную нестабильность РЭА, неудобно, т.к. температура всех элементов понижается одновременно.

На этом этапе необходим такой прибор, который может изменять температуру на каждом элементе РЭА индивидуально. Индивидуальный нагрев элементов в лабораторных условиях может проводиться обычной паяльной станцией с контролируемой температурой жала или термофенами. О наличии приборов, позволяющих индивидуально ох-

лаждать элементы РЭА до отрицательных температур непосредственно на плате, нам не известно.

Локальное охлаждение/нагрев элементов РЭА непосредственно на плате можно осуществить с помощью элементов Пельтье, которые применяются для отвода тепла от мощных процессоров и силовых транзисторов [1].

Функциональная схема предлагаемого прибора приведена на рис. 1.

Устройство для тепловых экспресс-испытаний радиоэлементов состоит из двух частей: стационарного блока управления (СБУ) и выносного портативного охладителя (ВПО).

В ВПО реализована двухкаскадная система охлаждения/нагрева на основе управляемых элементов Пельтье. Он состоит из сменного жала I, форма которого определяется конструкцией и размерами охлаждаемого элемента РЭА, элемента Пельтье 2, имеющего хороший тепловой контакт со сменным жалом I и теплообменником 3 второго каскада охлаждения. Элемент Пельтье 4 первого каскада соединен с теплообменником 3 второго каскада и теплообменником 5 первого каскада охлаждения. Все названные элементы ВПО помещены в теплоизолированный корпус с ручкой 6 для удобной установки его на охлаждаемый элемент 7.

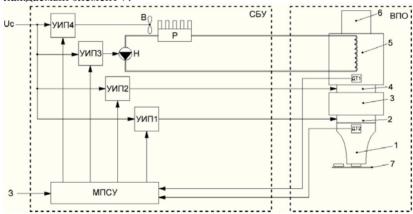


Рис. 1. Схема функциональная устройства для охлаждения элементов РЭА на плате

ВПО соединен с СБУ гибким шлангом для подачи охлаждающей жидкости, силовым кабелем для питания элементов Пельтье и кабелем для снятия сигналов с датчиков температуры: ДТ1, установленного на теплообменнике 5, и ДТ2, установленном на жале.

СБУ состоит из управляемых источников питания УИП1 для управления и питания элемента Пельтье 2 второго каскада охлажде-

ния, УИП2 для управления и питания элемента Пельтье 4 первого каскада охлаждения, УИП3 для питания и управления насосом H для обеспечения циркуляции охлаждающей жидкости через теплообменник 5 первого каскада и радиатор P, расположенный в СБУ. Радиатор P принудительно охлаждается вентилятором B, который управляется от источника УИП4.

Полярность источников питания задаёт направление протекания теплового потока через элементы Пельтье. Благодаря этому можно осуществить как охлаждение, так и нагрев элементов РЭА.

Сигналы от датчиков температуры ДТ1 и ДТ2 поступают на информационные входы микропроцессорной системы управления МПСУ. Режим работы ВПО определяется сигналом 3, который задается оператором. Управляющие выходы МПСУ соединены с управляющими входами УИП1...УИП4.

Питание СБУ осуществляется от промышленной сети 220 В, 50 Гц.

Таким образом, предлагаемое устройство, может производить локальное охлаждение и нагрев элементов РЭА для проведения тепловых экспресс-испытаний.

Благодаря свойствам элемента Пельтье можно обеспечить не только охлаждение, но и нагрев элементов РЭА, это достигается путем изменения полярности источников питания.

Предварительный анализ показал, что подобное устройство будет востребовано предприятиями, занимающимися разработками РЭА, работающей в жестких климатических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Патент РФ №2365072. Устройство для охлаждения электронных плат / Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Агаев М.У. Бюл. 2009.№23.
- 2. Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Габитов И.А. Экспериментальный стенд исследования системы неравномерного охлаждения электронных плат. 2009. №3. С. 148 –151.

УСТРОЙСТВО ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ ДЛЯ СЕТЕЙ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ С ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ ПРИВОДОМ

В.Ю. Войко, аспирант; К.Ф. Матвеев, начальник ОЭС ОАО «ТЭМЗ», к.т.н.; В.Д. Семенов, проф., к.т.н. г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, vvasilii1986@list.ru

Внедрение в горнодобывающей промышленности частотнорегулируемого электропривода (ЧРЭП) повысило производительность труда, уменьшило габариты оборудования. ЧРЭП обычно состоит из преобразователя частоты (ПЧ) и асинхронного электродвигателя (АД), соединенных между собой силовым кабелем (рис. 1).

Однако при применении в ЧРЭП ПЧ со звеном постоянного тока образовывается комбинированная сеть, состоящая из участка переменного тока промышленной частоты (УПЧ), участка постоянного тока (УПТ) и участка переменного тока изменяющейся частоты (УИЧ). В связи с этим стандартные устройства защитного отключения (УЗО), обеспечивающие защиту персонала от поражения электрическим током, оказываются неработоспособными [1].

В результате исследований В.Г. Куницкого, А.И. Лазарева, Г.И. Бабокина, С.Б. Малкова, В.И. Шуцкого, В.Н. Савицкого, Н.И. Стадника, П.И. Шеленева были созданы УЗО для комбинированных шахтных сетей, интегрированные с преобразователем [2–6].

Но следует отметить, что внедрение в ПЧ дополнительных устройств приводит к нарушению целостности оборудования. Решить данную проблему можно следующим образом: разработать собственный ПЧ с внедренным УЗО или получить разрешение на проведение интегрирования УЗО в оборудование у фирм-производителей или применить устройство защитного отключения, не требующее интеграции дополнительных устройств в защищаемое оборудование.

В связи с этим актуальным и экономически целесообразным направлением является разработка УЗО, позволяющих обеспечить защиту персонала от токов утечек без внедрения в преобразователь.

Предлагаемая структурная схема УЗО (рис. 1) содержит блок, анализирующий участок промышленной частоты, — I; блок, анализирующий участок изменяющейся частоты, — 4; блок центрального микропроцессора — 3, блок принудительного отключения — 2.

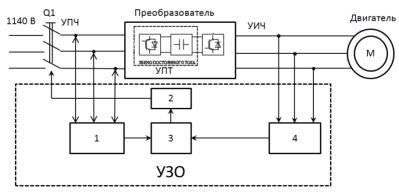


Рис. 1. Структурная схема защищаемого объекта

Принцип работы УЗО заключается в следующем. Анализируя входные параметры преобразователя, блок *1* восстанавливает алгоритмы работы входного выпрямителя, измеряя значения тока утечки. Для того чтобы возникновение несимметричной утечки [7] на участке шины постоянного тока или на участке изменяющейся частоты не привело к ложным срабатываниям защиты, в состав УЗО введен блок *4*, обеспечивающий поиск и устранение возникающей асимметрии путем анализа участка изменяющейся частоты. Данные, полученные блоками *1* и *4*, передаются на блок центрального микропроцессора, который, анализируя алгоритмы работы преобразователя, выделяет сигнал утечки и при обнаружении повреждения с помощью блока *2* выдает команду на отключение разъединителя Q1.

Устройство защитного отключения, выполненное по предлагаемой структурной схеме, позволит обеспечить защиту обслуживающего персонала от поражения электрическим током в шахтных комбинированных сетях без внедрения в преобразователь дополнительных устройств и блоков.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Бабокин Г.И., Щуцкий В.И., Серов В.И. Частотно-регулируемый электропривод горных машин и установок. М.: Изд. центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1998. 239 с.
- 2. Савицкий В.Н., Стадник Н.И. Защита от токов утечки в комбинированных распределительных сетях угольных шахт // Горное оборудование и электромеханика. 2006. № 9. С. 31–39.
- 3. Куницкий В.Г., Щуцкий В.И., Бабокин Г.И., Малков С.Б. Исследование режима работы устройства защитного отключения в участковой сети с ШИМпреобразователем // Горный информационно-аналитический бюллетень «Неделя горняка -2002». 2003. №8. С. 225-227.
- 4. Щуцкий В.П., Бабокин Г.Н., Куницкий В.Г. Исследование токов утечки в шахтной электрической сети с частотно-регулируемым электроприводом / Электробезопасность. 1995. №2. С. 5–11.
- 5. Щуцкий В.И., Бабокин Г.И., Куницкий В.Г., Малков С.Б. Устройство защитного отключения с датчиком емкости // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2001. №3. С. 39–45
- 6. Бабокин Г.И., Куницкий В.Г., Шеленев П.И. Токи утечки в шахтной сети с широтноимпульсным преобразователем частоты // Информационно-аналитический бюллетень МГГУ. Неделя горняка.
- 7. Щуцкий В.И., Бабокин Г.И., Лазарев А.И. Экспериментальное исследование условий работы устройств защитного отключения в сети с преобразователем частоты // Электробезопасность. 1996. № 3–4. С. 31–41.

ЗАЩИЩЕННОЕ УДАЛЕННОЕ ОБНОВЛЕНИЕ ПАМЯТИ ПРОГРАММ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Д.В. Ксынкин, магистрант 2-го года обучения каф. ПрЭ г. Томск, ТУСУР, den 1988@inbox.ru

Многие современные микроконтроллеры хранят исполняемый код в энергонезависимой памяти, изменение которой возможно без использования дополнительного оборудования — внутрисхемно. Это может быть внутренняя или внешняя электрически перепрограммируемая память — «ЕЕРROМ». Система, поддерживающая внутрисхемное программирование, предоставляет производителям чрезвычайно удобную возможность — обновлять программу уже проданных устройств, находящихся у потребителя, для исправления ошибок либо добавления функционала. Процесс обновления может происходить в локальном сервисном центре либо самим потребителем при помощи ПК. В любом случае это значительно удобнее возвращения изделия производителю.

Рассмотрим складывающуюся ситуацию. Производитель, реализовавший изделие, предоставляет к нему бинарный файл для обновления содержимого памяти программ. На этом можно было бы закончить, если бы не злоумышленники, занимающиеся промышленным шпионажем. Их задача — сделать копию устройства, это исключительно выгодно, потому что, не тратясь на разработку, такая бесчестная фирма получит возможность продавать тот же продукт за меньшую стоимость, что ударит по продажам фирмы-разработчика. Имея устройство, злоумышленник может вскрыть его изучить внутреннюю структуру системы, во многих случаях, возможно, восстановить схему по печатной плате и повторить печатную плату.

В устройствах, содержащих микроконтроллер, он зачастую выполняет ключевую роль в функционировании устройства, не имея алгоритма его работы, злоумышленник не сможет скопировать устройство. Для предотвращения чтения памяти программ микроконтроллеры содержат соответствующие средства, например «биты защиты», после программирования контроллера на заводе производитель устанавливает эти биты. После чего чтение информации из памяти программ становится невозможным ни программой контроллера, ни внешним программатором. «Биты защиты» сбрасываются в исходное состояние только при полном стирании всей памяти микроконтроллера. Таким образом, злоумышленник лишается возможности скопировать нужный ему код. Настает момент, когда производитель решает обновить программу устройства, для чего распространяет содержимое памяти программ. Вот тут код и попал бы в ненужные руки. Для предотвращения этого файл с программой можно распространять в шифрованном виде.

Но прежде чем записать новый код в память контроллера, его нужно расшифровать.

Естественно было бы возложить эту задачу на программу для ПК, осуществляющую программирование памяти системы. Но в этом случае появляется возможность прослушать линию связи между ПК и целевой системой, вскрыть протокол и получить желанный код. Итак, единственным безопасным методом обновления программы является шифрование содержимого обновляемой памяти производителем, распространение его в зашифрованном виде, передача в таком виде в контроллер, где происходит его дешифрация и сохранение. Такое безопасное обновление возможно для внутренней памяти контроллеров, имеющих возможность программного изменения энергонезависимой памяти и средства защиты от несанкционированного чтения, за исключением специальных случаев применения внешней защищенной памяти. На рис. 1 можно видеть схему описанного процесса.

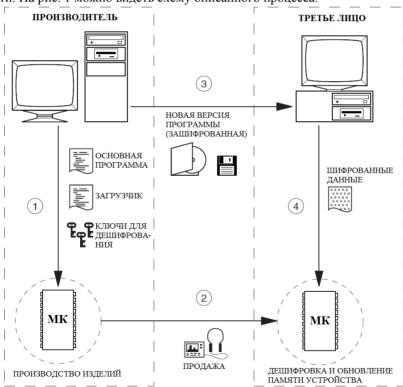


Рис. 1. Общая схема процесса обновления памяти устройств, находящихся у пользователя [1]

Итак, кроме основной программы в памяти устройства должна храниться дополнительная — загрузчик. Когда основная программа получает специальную команду, она передает управление загрузчику. Либо, если поддерживается, управление может передаваться аппаратно после сброса контроллера при выполнении определенных условий. Загрузчик, получивший управление, связывается с программой обновления посредством какого-либо интерфейса и протокола, принимает зашифрованные порции данных кода, дешифрует их и записывает по нужному адресу. После обновления всей требуемой памяти загрузчик сбрасывает контроллер, и управление получает обновленную версию пользовательской программы.

Таким образом, программа-загрузчик должна содержать какойлибо протокол с проверкой целостности данных, дешифровщик, драйвер энергонезависимой памяти, используемый в системе. Как известно, память во встраиваемых системах, особенно небольших, — дефицитный ресурс. Таким образом, написание загрузчика для микроконтроллера с восьмью, к примеру, килобайтами памяти представляет нетривиальную задачу. Если загрузчик займет шесть или четыре килобайта памяти, то это будет неприемлемо с экономической точки зрения, ибо, пожертвовав возможностью обновления программы, производитель сможет использовать более дешевый контроллер. В каноническом виде алгоритмы шифрования довольно громоздки для простых микроконтроллеров, к тому же содержат достаточное количество таблиц данных. Для использования во встраиваемых системах эти алгоритмы должны быть тщательно оптимизированы и адаптированы, без ухудшения их надежности, разумеется.

Существует множество загрузчиков с различными возможностями. У фирмы «ErgoLight» возникла необходимость в загрузчике для восьмибитного контроллера AVR размером в два килобайта с поддержкой сетевого протокола «ErgoBus» и шифрованием. Такого решения не существовало. Задача была решена. Для шифрования выбран стандарт 3DES (реализация Atmel). В статье нет возможности скольлибо подробно описать программу, заинтересованных просьба обрашаться по почте.

ЛИТЕРАТУРА

1. AVR230: DES Bootloader // Atmel Corparation, 2005 Γ.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ МАТНСАД В ЗАДАЧАХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИХ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ВЕКТОРИЗАЦИИ

А.Г. Зацепина

Научный руководитель И.М. Егоров, доц. каф. ПрЭ, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, Zacepina.ag@gmail.com

Данная работа посвящена исследованию возможностей программных средств математического пакета MathCAD в целях предварительной обработки растровых полутоновых изображений для их последующей векторизации.

Векторизация растрового изображения связана с построением изолиний яркостного рельефа, что тесно смыкается с задачей выделения границ зон с постоянной (или почти постоянной) яркостью.

Задача предварительной обработки изображений — это задача фильтрации, которая состоит в устранении мешающих факторов, или, по крайней мере, в уменьшении их влияния на процесс основной обработки

Алгоритмы фильтрации реальных изображений должны быть достаточно просты в реализации. Программный пакет MathCAD представляет собой ряд встроенных функций для обработки изображений. Используемые этими функциями фильтры можно условно разделить на две группы: фильтры обострения и фильтры размытия. Их различие заключается в том, что импульсная реакция фильтров обострения биполярна (содержит положительные и отрицательные веса), импульсная же реакция фильтров размытия униполярна и веса в ней одного знака, как правило, положительные.

Фильтры обострения и фильтры размытия в известном смысле взаимообратны: если первые выполняют операции типа дифференцирования исходного изображения, то вторые – операцию его интегрирования.

С математической точки зрения фильтры обоих типов основаны на применении двумерной свертки и «теоретически» являются линейными. Линейные фильтры перестановочны между собой, т.е. если сигнал проходит последовательно через несколько различных фильтров, то результат не зависит от последовательности применения этих преобразований.

Квантование цифровых изображений по пространству и по яркости (особенно по яркости) приводит к тому, что свойство коммутативности фильтрующих звеньев нарушается. Важно учесть, что из-за нелинейности систем последовательность применения фильтров играет

важную роль – применение фильтров в обратном порядке может давать существенно отличающийся результат.

Если применять последовательно различные сочетания фильтров обеих групп, можно получить интересные результаты, оценить которые можно лишь визуально. На рис. 1—4 приведены исходные изображения, а также некоторые результаты применения вышеуказанных способов фильтрации.

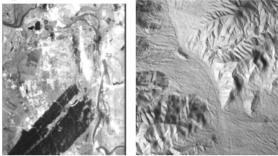


Рис. 1. Исходные растровые полутоновые изображения

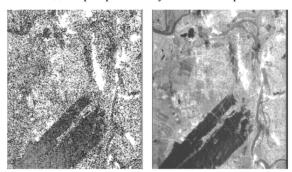


Рис. 2. Результаты применения сочетания функций diacrisp и quantfilt

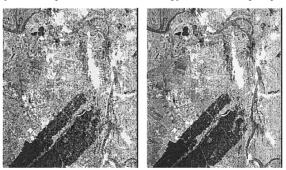


Рис. 3. Результаты применения сочетания функций orthocrisp и medfilt





Рис. 4. Результаты применения сочетания функций convolve3 и quantfilt

Как и предполагалось, порядок применения фильтров влияет на результат.

Эксперименты показали, что различная последовательность использования фильтров не всегда даёт заметный визуальный эффект, хотя в некоторых случаях этот эффект виден невооруженным взглядом. Это подтверждает предположение о нарушении свойства коммутативности обрабатываемых изображений при их квантовании по пространству и яркости.

Также полученные в ходе исследования результаты показывают, что методы пакета MathCAD представляют интерес в предварительной обработке растровых полутоновых изображений.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений / Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1986. 400 с.
- 2. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: учеб. пособие. М.: Логос, 2001. 264 с.
- 3. Романычева Э.Т., Соколова Т.Ю., Шандурина Г.Ф. Инженерная и компьютерная графика. 2-е изд., перераб. М.: ДМК Пресс, 2001. 592 с.
- 4. Фурман Я.А., Юрьев А.Н., Яншин В.В. Цифровые методы обработки и распознавания бинарных изображений. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1992, 248 с.
- 5. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / Пер. с англ. М.: Мир, 1982. Кн. 1. 312 с.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ С КОММУТАЦИЕЙ РЕЗОНАНСНОГО ТИПА

А.А. Загваздин, магистрант ФЭТ; Н.С. Легостаев, доцент, к.т.н.; К.В. Четвергов, ст. преподаватель

г. Томск, ТУСУР, Zagvazdin. IE@gmail.com

Система управления (СУ) для квазирезонансного обратноходового преобразователя напряжения (КРПН) и, в частности, для зарядного устройства аккумуляторных батарей (АБ) должна иметь обратные связи по регулируемым параметрам и оптимально выбранный вид время-импульсной модуляции [1].

Есть несколько вариантов заряда АБ: заряд постоянным стабилизированным напряжением или стабилизированным током заряда. Наиболее эффективным является комбинированный способ заряда АБ [2]. Комбинированный способ заряда АБ позволяет исключить перезаряд АБ, обеспечить 100% заряд АБ, исключить кипение электролита.

Комбинированный способ заряда АБ отражает функциональная схема, представленная на рис. 1.

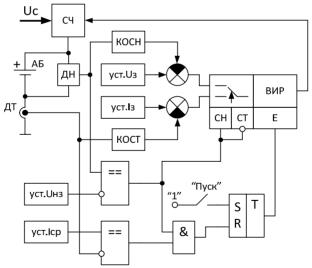


Рис. 1. Функциональная схема зарядного устройства комбинированного типа

Комбинированный способ заряда АБ состоит из двух этапов: I этап – заряд АБ стабилизированным током, II этап – заряд АБ стабилизированным напряжением.

Первый этап зарядки АБ позволяет набрать большую часть емкости АБ и длится до номинального напряжения АБ. После чего наступает второй этап зарядки АБ, обеспечивающий 100% емкость АБ. Этот этап длится до момента, когда ток заряда близок к току саморазряда АБ или к нулю.

І этап заряда АБ начинается с нажатия кнопки «Пуск». Напряжение АБ, измеряемое датчиком напряжения (ДН), сравнивается компаратором с напряжением заданного порога (уст. Uнз), и если заданный порог выше, выбирается режим заряда стабилизированным током (СТ). Обратная связь замыкается по току и времяимпульсный регулятор (ВИР) формирует сигнал управления силовой части (СЧ).

II этап заряда АБ включается в момент, когда напряжение на АБ становится больше заданного значения (уст. Uнз). Обратная связь замыкается по напряжению, и ВИР формирует сигнал управления СЧ до момента, когда ток заряда станет равным или меньше тока саморазряда АБ. В этот момент разрешающий сигнал для ВИР с RS-триггера переходит в логический ноль, что запрещает дальнейшую зарядку АБ.

Квазирезонансный преобразователь напряжения (КРПН) с частотно-импульсным регулированием (ЧИР) можно использовать в качестве силовой части зарядного устройства с комбинированным способом заряда АБ [1].

Управление КРПН осуществляется времяимпульсным регулированием (ВИР). Для регулирования выходных параметров необходимо изменять «порции» энергии, передаваемые с первичной цепи в нагрузку. Для достижения эффекта резонанса во время коммутации ключа реактивные элементы формируют траектории токов и напряжений. Включение транзистора происходит с траекторией напряжения по квазипрямоугольной форме, а траектория тока коллектора транзистора имеет квазисинусоидальную форму. Выключение транзистора сопровождается траекторией тока квазипрямоугольной формы, а траектория напряжения на транзисторе квазисинусоидальная.

Таковой является частотно-импульсная модуляция (ЧИМ). Квазирезонансный преобразователь напряжения требует «мертвого» времени — времени перезаряда конденсаторов после выключения транзистора, которое является обязательным минимальным временем паузы. Функциональный алгоритм реализации ЧИР с формированием «мертвого» времени представлен на рис. 2.

Система управления по функциональной схеме алгоритма комбинированного заряда (см. рис. 1) может быть реализована на микроконтроллере (МК) фирмы Atmel семейства ATmega. Алгоритм частотно-импульсного регулирования (см. рис. 2) реализуется функционалом микроконтроллера, а именно алгоритмом «СТС – отчистка таймера по

совпадению». Вышеперечисленные функции можно реализовать на МК, объединив режимы заряда АБ и способ управления самим КРПН.

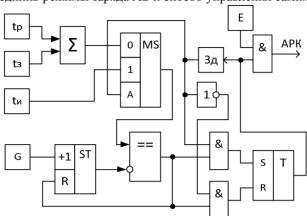


Рис. 2. Функциональная схема реализации частотно-импульсного регулирования

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Загваздин А.А., Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Высокочастотный преобразователь с коммутацией резонансного типа для заряда электрических аккумуляторов // Научная сессия ТУСУР–2011: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученных, 4–6 мая 2011 г.: В 6 ч. Ч. 5. Томск: В-Спектр, 2011. 276 с.
- 2. Инструкция по эксплуатации стационарных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей в составе ЭПУ на объектах ВСС России. М., 1998.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ МАТLAB И ARDUINO СОВМЕСТИМОЙ ПЛАТФОРМЫ

А.А. Загваздин, А.В. Протопопов, магистранты ФЭТ; Ю.И. Сулимов, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, Zagvazdin.IE@gmail.com

Для более простого обучения проектированию роботизированных комплексов нужно применять технологию сквозного проектирования, которая лишена лишних переходов от постановки задачи к модели и её реализации на разных платформах. Можно использовать в качестве учебной среды сквозного проектирования MatLAB Simulink и поддерживаемые им на уровне компиляции программ для ядра микроконтроллеров.

Модели, описанные в [1, 2], являются виртуальными и не взаимодействуют физически с рабочей средой. Связующим фактором ранее представленных моделей может служить аппаратно-программный роботизированный комплекс.

Аппаратно-программный роботизированный комплекс, представленный на рис. 1, состоит из программной и аппаратной частей:

- программная часть реализована в среде MatLAB Simulink и на её основе построены модель робота манипулятора (PM), алгоритм технического зрения (ТЗ), конфигурация ядра микроконтроллера (МК). Конфигурационное ядро выполняется на самом МК, а модель РМ и алгоритм ТЗ терминально работают на персональном компьютере (ПК) в среде MatLAB [3];
- аппаратная часть состоит из двух частей ПК со средой MatLAB и Arduino подобной платой [4] на базе МК фирмы Atmel серии AT Mega [5]. Соединяющим интерфейсом ПК с МК является программный туннель RS-232 через аппаратный интерфейс USB (Host-Client).

По интерфейсу связи (ИС) передаются команды конфигурации ядра МК, команды управления периферией РМ, а также в ПК из МК отправляется информация о состоянии датчиков.

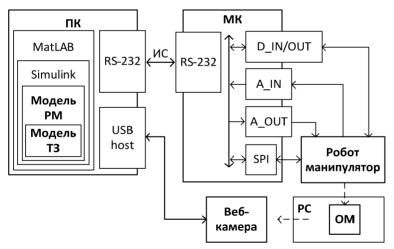


Рис. 1. Аппаратно-программная реализация учебного роботизированного комплекса

По отдельному интерфейсу связи к ПК подключена веб-камера, которая служит в алгоритме ТЗ устройством ввода данных (с версии R2011a).

Этапы проектирования конкретной задачи на основе роботизированного комплекса:

- Проектирование и сборка модели робота из сервоприводов и элементов жесткости.
- Подключение модели робота к Arduino подобной платформе с блоком управления сервоприводов (motor shield).
- Конфигурирование и «прошивание» ядра МК в среде MatLAB Simulink.
- Сборка кинематической модели и системы управления (СУ) робота в среде MatLAB Simulink.
 - Выбор или построение алгоритма ТЗ.
- Настройка и наладка алгоритма ТЗ и кинематической модели для конкретной рабочей среды.

Изложенные выше этапы описывают общие правила построения модели робота с функцией ТЗ на основе роботизированного аппаратно-программного комплекса.

Подход проектирования от идеи до реализации на одной платформе дает сквозное проектирование робота и упрощает его реализацию как технически, так и инструментально.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Загваздин А.А., Сулимов Ю.И. Кинематическая модель и система управления робота-манипулятора в среде MatLAB Simulink // Научная сессия ТУСУР–2011: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученных. 4–6 мая 2011 г.: В 6 ч. Ч. 5. Томск, 2011. С. 78–81.
- 2. Загваздин А.А., Сулимов Ю.И. Математическая модель аппаратнопрограммного комплекса технического зрения робота-манипулятора // Матер. ежег. науч.-практ. конф. «Итоги научно-исследовательских работ и курсового проектирования студентов 1–6 курсов кафедры промышленной электроники». 25–29 апреля 2011 г. Вып. 5. Томск, 2011. С. 18–24.
- 3. Взаимодействие MatLAB с MK фирмы Atmel в платформах Arduino. http://www.mathworks.co.uk/matlabcentral/fileexchange/24675-arduino-target
- 4. МК платформа Arduino и MatLAB как конфигуратор ядра. http://arduino.cc/playground/Interfacing/Matlab
- 5. МК фирмы Atmel серии AT Mega. http://www.atmel.com/devices/atmega168.aspx

СЕКЦИЯ 13

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Председатель — **Ехлаков Ю.П.**, проректор по информатизации и управлению ТУСУРа, профессор, зав. каф. АОИ, д.т.н., зам. председателя — **Сенченко П.В.**, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.

Подсекиия 13.1

РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

Председатель — **Ехлаков Ю.П.**, проректор по информатизации и управлению ТУСУРа, профессор, зав. каф. АОИ, д.т.н., зам. председателя — **Сенченко П.В.**, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.

СИСТЕМА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ

В.В. Афанасьев, адъюнкт каф. информатики и вычислительной техники; А.Д. Алешин, курсант

г. Орёл, Академия ФСО России, affa.v@yandex.ru

Одной из проблем эксплуатации существующих распределенных баз данных (РБД) является низкая автономность локальных узлов РБД, то есть изменения в структуру локального узла РБД может внести только администратор (центральный узел) всей РБД. Но на практике часто возникает необходимость внесения таких изменений непосредственно на локальном узле РБД. В результате при внесении изменений в структуру данных на локальном узле РБД возникает необходимость прерывания процесса функционирования РБД на время внесения изменений в структуру данных на центральном узле, а только после этого – на остальных локальных узлах.

Существуют способы и системы (например, [1]), заключающиеся в том, что в процессе обмена реплицируемыми данными между узлами

РБД формируются обменные файлы, которые пересылают между узлами РБД.

Недостатком упомянутого прототипа является то, что в процессе репликации отсутствует возможность передачи между узлами РБД информации об изменении структуры данных на локальных узлах РБД, что ограничивает потенциальные возможности процесса функционирования распределенных баз данных с точки зрения скорости выполнения операций по оценке изменения структуры данных в узлах РБД.

Известен способ децентрализованного управления процессом распределенной обработки данных [2], заключающийся, в частности, в том, что с помощью программно-технических средств через сеть контролируют процесс обработки данных или моделирования, выявляют события отказа информационных и аналитических модулей, корректируют процесс обработки данных или моделирования или повторяют отдельные их этапы, выявляют события отказа управляющего процесса.

Задача, решаемая предлагаемой системой, заключается в расширении функциональных возможностей, достигаемых за счет разработки системы децентрализованного управления структурой распределенной базы данных, позволяющей ускорить процесс внесения изменений в структуру данных в узлах РБД, за счет того, что в каждый узел РБД вводится дополнительный программный модуль структурной обработки, который выполняет следующие функции:

- 1) анализ структуры БД своего узла РБД;
- 2) передача информации об изменениях структуры другим узлам РБД;
- 3) внесение изменений в структуру своего узла РБД при получении управляющей информации от других узлов РБД.

Перечисленная новая совокупность существенных признаков обеспечивает возможность повышения скорости внесения изменений в структуру данных в узлах РБД.

Структурная схема предлагаемой системы показана на рис. 1.

Система децентрализованного структурного управления распределенной базой данных состоит из программных модулей (ПМ $1-\Pi M n$) структурной обработки (1), установленных на узлы РБД (4). Каждый модуль взаимодействует с узлами РБД через установленную на узел локальную СУБД (2), а также с остальными модулями, в соответствии с логической структурой РБД, через компьютерную сеть (3).

Теоретическое обоснование возможности повышения скорости внесения изменений в структуру данных в узлах РБД представлено в [3].

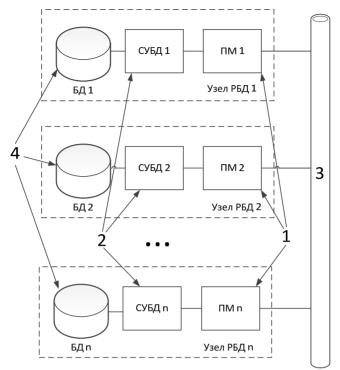


Рис. 1. Структурная схема системы децентрализованного управления структурой распределенной базы данных

Предлагаемая система работает следующим образом.

Каждый программный модуль структурной обработки периодически анализирует структуру локального узла РБД и фиксирует изменения в ней. При возникновении изменения в структуре локального узла РБД модуль структурной обработки отсылает через компьютерную сеть новую структуру своего узла РБД в формализованном виде (например, XML) всем модулям структурной обработки других узлов РБД, с которыми его узел РБД связан в соответствии с логической структурой РБД. Каждый модуль структурной обработки, принявший данную информацию, вносит изменения в структуру своего узла РБД. В случае изменений в структуре своего узла РБД, модуль структурной обработки рассылает новую структуру своей локальной БД в формализованном виде всем модулям структурной обработки других узлов РБД, с которыми его узел РБД связан в соответствии с логической структурой РБД.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Пат. 2315349 Российская Федерация МПК G 06 F 12/00. Способ репликации информации в распределенных базах данных и система его осуществления / Топр Михаил (США); заявитель ИРЭ РАН, пат. поверенный М.А. Земляницин; патентообладатель Топр Михаил (США). № 2006125073/09, заявл. 12.07.2006, опубл. 20.01.2008. Бюл. № 2. 13 с.
- 2. Пат. 2365977 Российская Федерация МПК G06F11/20, G06F15/16. Способ децентрализованного управления процессом распределенного моделирования и обработки данных / Лебеденко Е. В., Покусин Н.В.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации. № 2006147037/09, заявл. 27.12.2006, опубл. 27.08.2009. Бюл. № 24. 10 с.
- 3. Афанасьев В.В. Подходы к решению задачи оптимизации времени исполнения запросов в фрагментированных распределенных базах данных / В.В. Афанасьев, Е.В. Лебеденко // Информационные технологии в моделировании и управлении. 2010. № 6(65). С. 777–782.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РЕПЛИКАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

В.А. Дунаев, адъюнкт

г. Орёл, Академия ФСО России, lebedenko eugene@mail.ru

В настоящее время все более востребованными становятся услуги распределенных систем, одним из элементов которых, как правило, являются распределенные базы данных. Высокие темпы развития информационных технологий вызывают постоянный рост требований к скорости обслуживания трафика, генерируемого узлами распределенных баз данных.

При рассмотрении вопросов, связанных с функционированием распределенных баз данных, необходимо учитывать, что они могут работать в двух режимах: репликации и обслуживания поисковых запросов пользователей. При этом режим репликации является более нагруженным, так как генерирует в общую сеть наибольшую часть от всего трафика в то время как поисковые запросы, при правильном размещении данных по узлам распределенной базы данных, обрабатываются на локальных узлах без привлечения ресурсов общей сети. Таким образом, при проектировании и реализации распределенных баз данных, вопросы, связанные с повышением качества обработки реплик, выходят на передний план.

Данные реплицируются для повышения надежности и увеличения производительности системы. Одна из основных проблем при этом –

сохранение непротиворечивости копий баз данных в узлах распределенных баз данных. Каждый раз при изменении копии она начинает отличаться от всех прочих. Соответственно для сохранения непротиворечивости эти изменения должны быть перенесены и на остальные копии. Это означает, что обновления должны расходиться по узлам распределенной базы данных как можно быстрее [1]. Существующие в настоящий момент способы репликации не учитывают возможности влияния распределенной базы данных на телекоммуникационную систему с целью увеличения скорости выполнения репликации. Как правило, все улучшения достигаются за счет выбора режимов репликации наиболее приемлемых в каждой конкретной ситуации.

Одним из возможных направлений повышения эффективности функционирования распределенных систем являются методы инжиниринга трафика. В основе этих методов лежит постановка и решение задачи оптимизации многопродуктового потокового графа. В самом общем виде такая задача формулируется как нелинейная однокритериальная задача оптимизации выпуклой функции на выпуклом множестве допустимых распределений потоков [2]. Для учета характера процесса информационного обмена в режиме репликации в качестве критерия оптимизации необходимо рассматривать максимизацию степени достижения требований к качеству обслуживания по каждому информационному направлению. Это связано с тем, что от скорости обновления всех реплик зависит качество работы системы в целом, так как каждая последующая операция записи в распределенной базе данных не может быть произведена до завершения предыдущей.

Особенностью данного подхода является возможность его распределенной асинхронной реализации при децентрализованном управлении ходом вычисления. В этом случае задача оптимизации может быть сформулирована как теоретико-игровая задача поиска равновесия.

Современный этап развития коммуникационного оборудования, на основе технологии Softswitch, предоставляет потенциальные возможности для реализации программного коммутатора, учитывающего особенности трафика, генерируемого распределенными базами данных при репликации.

Другим важным аспектом, который необходимо учитывать при рассмотрении вопросов, связанных с функционированием распределенных баз данных, является необходимость учета характера трафика. Проводимые исследования выявили наличие свойств самоподобия в трафике распределенных баз данных. Учет самоподобного характера трафика распределенных баз данных заставляет рассматривать процесс репликации в более сложном виде. В результате адекватность полученных моделей возрастает [3].

На основе сказанного выше можно сделать вывод, что процесс репликации является одним из ключевых в функционировании распределенных баз данных и требует дополнительных исследований, а также учета всего многообразия факторов, влияющих на его реализацию. Одним из возможных направлений повышения качества репликации является использование методов инжиниринга трафика на основе оптимизации многопродуктового потокового графа.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Таненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. СПб.: Питер, 2003. 877 с.
- 2. Малашенко Ю.Е., Новикова Н.М. Модели неопределенности в многопользовательских сетях. М.: Эдиториал УРСС, 1999. 160 с.
- 3. Шелушин О.И., Осин А.В., Смольский С.М. Самоподобие и фракталы. М.: Физматлит, 2008. 368 с.

УПРАВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЯМИ АИС УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Ю.В. Колобова, студентка каф. АОИ г. Томск, ТУСУР, yulia taraz@mail.ru

Актуальность дополнительного профессионального образования (ДПО) в области управления ІТ-бизнесом обусловлена острой нехваткой квалифицированных специалистов на рынке труда. Обладая открытостью, мобильностью и гибкостью, система ДПО способна быстро и точно реагировать на вызовы времени в интересах личности, общества, государства.

С целью реализации дополнительного профессионального образования в области передовых инновационных технологий создано подразделение Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники на базе кафедры автоматизации обработки информации (АОИ) – «Академия бизнес-информатики».

В связи с необходимостью обеспечения образовательного процесса было принято решение о проектировании и реализации автоматизированной информационной системы (АИС) управления учебным процессом.

Статистика показывает, что наиболее часто встречающиеся серьёзные проблемы при разработке систем связаны с неполными требованиями, а также с управлением изменениями требований клиента. Ошибки требований занимают первое место среди оставшихся недоработок и составляют примерно одну треть всех неустранённых дефектов.

В настоящей работе описываются результаты исследования проблемы управления требованиями автоматизированной информационной системы управления учебным процессом подразделения дополнительного профессионального образования.

Требование — это возможность, которую должна обеспечивать система; это некое свойство ПО, необходимое пользователю для решения проблемы при достижении поставленной цели; это некое свойство ПО, которым должна обладать система или её компонент, чтобы удовлетворить требования контракта, стандарта, спецификации либо иной формальной документации.

С помощью интервьюирования и создания прототипа были сформулированы требования к системе и проведен анализ.

Требования следует записывать так, чтобы они были доступны для ознакомления, в нашем случае все требования были задокументированы.

На основе выявленных требований была спроектирована структура АИС, состоящая из 7 подсистем (рис. 1).

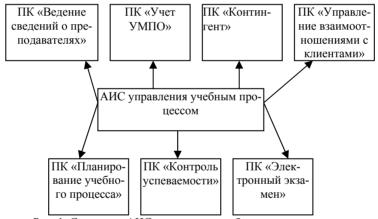


Рис. 1. Структура АИС управления учебным процессом

После того как был определён набор функций и достигнуто соглашение с заказчиком, был сделан переход к определению более конкретизированных требований, которым должно удовлетворять решение, — требованиям к ПО, согласно которым далее происходили проектирование и реализация системы.

Для создания качественного программного приложения необходимо вначале описать проблему, которая должна быть решена, а затем определить требования к создаваемой системе.

В ходе анализа были выявлены основные категории заинтересованных лиц – преподаватели, слушатели, менеджеры учебного отдела (администраторы).

В процессе моделирования требований были использованы диаграммы вариантов использования.

Варианты использования (use-case) – это методика формирования требований, основанная на сценариях. Для моделирования требований к создаваемому продукту используются диаграммы вариантов использования (use case diagrams).

Для иллюстрации возьмём подсистему «Контроль успеваемости».

Краткое описание: ПК «Контроль успеваемости» предназначен для внесения и редактирования в базу данных сведений о промежуточных и итоговых результатах обучения и посещаемости слушателей Академии бизнес-информатики, а также формирование электронных ведомостей и отчетов по запросам на основании этих данных.

Главными целями создания подсистемы являются:

- повышение качества контроля знаний и посещаемости за счет формирования отчетов на основе введенных данных;
- минимизация ручного ввода данных за счет единовременного ввода данных и использования их при построении отчетов, формировании электронных ведомостей;
- сокращение времени обработки данных за счет обмена данными с другими подсистемами посредством единой базы данных.

Подсистема должна обеспечивать решение перечисленных ниже задач:

- Внесение и редактирование оценок.
- Создание ведомостей (на основе информации из учебных планов, списка слушателей и других источников).
 - Автоматическое обновление ведомостей.
 - Поддержка рассылки и печати ведомостей.
- Возможность проведения общего анализа итогов сдачи экзаменов по различным критериям: специальностям, группам и т.д.
- Использование введенных оценок для формирования приложения к диплому.
 - Формирование отчетов.
 - Ручной ввод результатов экзаменов и защиты ВКР.

Требованиями пользователей системы, в лице менеджера и руководителя учебного отдела, является следующее:

- система должна иметь удобную структуру интерфейса;
- система должна предоставлять возможность точно и быстро вводить данные, которые в дальнейшем будут использоваться для формирования электронных ведомостей и отчетов;

- система должна минимизировать процесс ручного формирования учетных документов;
- система должна обеспечивать пользователю минимальное время на ожидание обработки данных системой.

На основании ранее сформулированных бизнес-правил и запросов заинтересованных сторон определим перечень функциональных требований к системе.

Присваивая функциям различные атрибуты, можно успешно управлять сложностью структуры информации. Существует набор общеупотребительных атрибутов, который применяется в большинстве проектов.

В данной разработке использовались следующие атрибуты: статус, приоритет/полезность, трудоемкость, риск, стабильность, целевая версия, назначение, обоснование.

В процессе управления требованиями особое внимание уделялось механизму верификации требований. Верификация (verification) – постоянно выполняемый процесс проверки того, что каждый шаг разработки является корректным, удовлетворяет потребности последующей деятельности и не является излишним. Одним из методов осуществления постоянного контроля верификационных действий является трассировка (traceability).

Требования к техническому и программному обеспечению были сформированы на этапе определения требований к системе в целом. Поскольку ПК «Контроль успеваемости» является составной частью АИС управления учебным процессом, эти требования можно отнести и к рассматриваемому комплексу.

Требования к техническим характеристикам ПК пользователя и ПК администратора:

- процессор Intel Pentium 1,5 ГГц;
- \bullet объем оперативной памяти 256 Мб;
- дисковая подсистема 40 Гб;
- устройство чтения компакт-дисков (DVD-ROM);
- сетевой адаптер 100 Мбит.

Базовой программной платформой должна являться операционная система MS Windows.

В качестве среды разработки используется Microsoft Visual Studio 2010, технология .NET Framework 3.5, язык программирования высокого уровня С#.

В качестве системы управления базами данных используется СУБД Oracle для организации центрального сервера базы данных. В заключение заметим, что проведенный анализ позволил сформировать технические требования к системе. разработка этой системы и ее внедрение позволят переложить большинство рутинных задач на информационную систему, тем самым повысив эффективность работы подразделения дополнительного образования.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ УСЛУГ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ИХ ИНТЕГРАЦИИ И.В. Лазарев (аспирант каф. АОИ, ТУСУР)

Научный руководитель П.В. Сенченко, к.т.н., доцент каф. АОИ Томск, ТУСУР, liv@ms.tusur.ru

Выполнение данной работы проводилось при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках мероприятия 2.4 федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научнотехнологического комплекса России на 2007–2013 годы». Проект «Разработка Web-ориентированных геоинформационных технологий формирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры», государственный контракт № 07.524.11.4013 от 03 ноября 2011 г.

Проблема интеграции информационных систем является краеугольным камнем при организации информационных потоков внутри любого предприятия. Данной проблеме уделено достаточно внимания в литературе, при этом предлагаются различные подходы для её решения [1,2]. Наиболее современным подходом является концепция сервис-ориентированной архитектуры (SOA - Service Oriented Architecture).

Сервис-ориентированная архитектура строится за счет проектирования и разработки сервисов и средств их подключения. Сервис представляет собой определенную работу или бизнес-функцию, предназначенную для обеспечения согласованной работы приложений.

При реализации архитектурного стиля SOA, каждая из информационных систем, вовлеченных в общей бизнес-процесс, предоставляет набор информационных услуг (сервисов), которыми могут пользоваться остальные системы. Таким образом, при интеграции информационных систем на основе архитектурного стиля SOA, первоочередной задачей является определение множества информационных услуг интегрируемых систем.

Одним из подходов решения обозначенной выше задачи является следующий неформальный алгоритм.

1. Описать бизнес-процессы, автоматизацию которых должны обеспечивать интегрируемые системы, при помощи одной из нотаций моделирования бизнес-процессов.

- 2. Определить точки взаимодействия исполнителей, вовлеченных в бизнес-процесс с информационными системами.
- 3. Определить действия исполнителей над информационными системами, которые могут быть автоматизированы посредством интеграции.
- 4. Данные действия являются информационными услугами, которые должны предоставлять информационные системы для интеграции на основе сервис-ориентированной архитектуры.

Рассмотрим представленную задачу на примере организации документооборота электронного генерального плана промышленного предприятия. Для этого необходимо интегрировать программные системы электронного документооборота (СЭД) и электронного генерального плана (ЭГП). В качестве примера рассмотрим бизнес-процесс формирования выкопировки генерального плана (рис. 1).

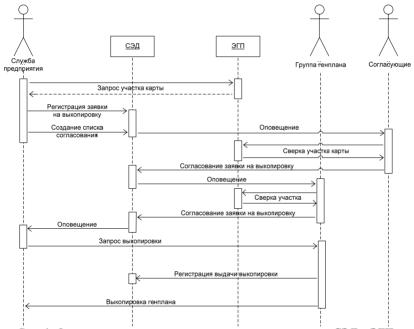


Рис. 1. Формирование выкопировки генплана до интеграции СЭД и ЭГП

Анализ бизнес-процесса показывает, что следующие действия исполнителей могут быть автоматизированы:

1. Запрос участка карты при регистрации выкопировки может быть выполнен системой СЭД при помощи вызова соответствующего сервиса у системы ЭГП.

- 2. Согласование заявки на выкопировку может быть выполнено вызовом соответствующего сервиса СЭД системой ЭГП после сверки участка карты.
- 3. Регистрация выдачи выкопировки может быть выполнена системой ЭГП после согласования заявки группой генплана.

Таким образом, можно определить набор услуг (сервисов), предоставляемых системами СЭД и ЭГП для процесса «Формирование выкопировки генплана» (таблица).

Информационные услуги СЭД и ЭГП в процессе «Формирование выкопировки генплана»

СЭД	ЭГП		
Регистрация документа	Запрос участка электронной карты		
Формирование списка согласования	Сверка участка электронной карты		
Согласование документа			
Проверка согласования документа			

На рис. 2 показан бизнес-процесс «Формирование выкопировки генплана» после интеграции систем СЭД и ЭГП.

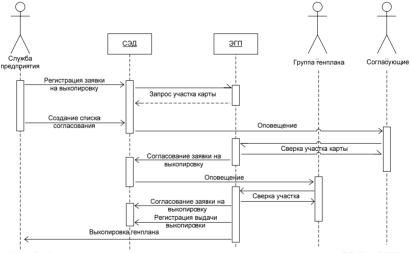


Рис. 2. Формирование выкопировки генплана после интеграции СЭД и ЭГП

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Robert Daigneau. Service Design Patterns: Fundamental Design Solutions for SOAP/WSDL and RESTful Web Services / Robert Daigneau. M.: Addison-Wesley Professional, 2011. 352 c.
- 2. Thomas Erl. SOA Design Patterns / Thomas Erl. M.: Prentice Hall PTR, 2009. 800 c.

ОРГАНИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ СЕРВЕРНОЙ ЧАСТИ КОРПОРАТИВНОЙ ГИС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛЛЕРА ЗАПРОСОВ И ПЕРЕХВАТЫВАЮЩЕГО ФИЛЬТРА

M.M. Милихин, М.М. Рычагов, студенты 4-го курса каф. АОИ г. Томск, ТУСУР, milikhin@gmail.com, mixrich1@gmail.com

Выполнение данной работы проводилось при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках мероприятия 2.4 федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научнотехнологического комплекса России на 2007–2013 годы». Проект «Разработка Web-ориентированных геоинформационных технологий формирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры», государственный контракт № 07.524.11.4013 от 03 ноября 2011 г.

Корпоративная ГИС в рамках разрабатываемого проекта представляет собой «Электронный генеральный план (ЭГП) промышленного предприятия». Это понятие включает в себя следующее определение: генеральный план промышленного предприятия — одна из важнейших частей проекта промышленного предприятия, содержащая комплексное решение вопросов планировки и благоустройства территории, размещения зданий, сооружений, транспортных коммуникаций, инженерных сетей, организации систем хозяйственного и бытового обслуживания, а также расположения предприятия в промышленном районе (узле).

В соответствии с определением генерального плана к геоинформационной системе, обеспечивающей функциональные возможности работы с генпланом предприятия, предъявляются как базовые требования к сложным программным продуктам (масштабируемость, модульность, разделение данных и их представлений конечному пользователю, реализация многопользовательского авторизованного доступа к данным и функциональным возможностям системы и др.), так и свойственные ГИС требования к наличию функций анализа пространственных данных.

Кроме этого, ГИС ЭГП должна реализовывать функции работы с генпланом, например ведение атрибутивных описаний объектов инфраструктуры предприятия и создание тематических отчетов на основе пространственно-атрибутивных данных.

Одной из главных особенностей ГИС ЭГП должна стать ее Webориентированность, что обеспечит доступ пользователя к функциям ГИС ЭГП с любого рабочего места предприятия, что зачастую бывает необходимо, поскольку масштабы предприятия могут разрастаться до размеров целого города и получать информацию о состоянии ЭГП при Web-ориентированном подходе становится легко и дешево.

Таким образом, архитектура корпоративной ГИС должна, с одной стороны, обеспечивать реализацию широкого функционала системы, с другой стороны, как можно более упростить модификацию и дальнейшее развитие системы.

Рассмотрим возможную реализацию ГИС с использованием нескольких архитектурных решений.

Разделение данных, их представления и бизнес-логики

При наличии невизуализированной логики в программном продукте разделение представления данных пользователю и логической части приложения становится крайне необходимым [1].

Типовым подходом для решения этой задачи служит шаблон MVC (от англ. «Model – View – Controller» – «модель – представление – контроллер»).

MVC служит для реализации бизнес-логики серверной части системы. Данный паттерн подразумевает выделение модели, описывающей бизнес-логику системы, представления, которое отображает содержимое модели средствами графического пользовательского интерфейса, и контроллера, служащего связующим звеном между моделью и представлением, благодаря чему достигается разделение ответственности и уменьшение количества избыточного кода [2].

Взаимодействие между клиентской и серверной частями системы

Еще одной важной задачей, стоящей перед архитектурой ГИС, является организация обработки клиентских запросов к серверу.

Для решения этой задачи авторами предлагается использование контроллера запросов (Front Controller), объединяющего в себе все действия по обработке запросов.

Контроллер запросов представлен в виде Web-обработчика, реализованного в виде класса, который обеспечивает выбор нужной команды сервера (представленной в виде контроллера MVC) на основе поступивштх POST- или GET-запросов от клиента. Выбор команды осуществляется динамически на основе URL-адреса.

Web-обработчик контроллера запросов реализован с использованием цепочки фильтров (шаблон Intercepting Filter), каждый из которых выполняет определенную функцию по обработке запроса и может прервать цепочку фильтров или передать запрос на дальнейшую обработку следующему фильтру.

На рис. 1 представлена схема работы ГИС-сервера, основанная на использовании описанных архитектурных решений. В соответствии с

данной схемой все клиентские запросы поступают Web-обработчику. Такие этапы обработки запроса, как инициализация приложения, анализ запроса (включающий в себя разбор URL адреса и динамический выбор на его основе контроллера для обработки запроса), выполнение команды (которое предполагает передачу управления контроллеру MVC) и генерация ответа, реализованы в виде фильтров паттерна Intercepting Filter.

Предложенный подход к организации архитектуры программного продукта отвечает требованиям, предъявляемым к Web-ориентированным ГИС и позволяет разработать систему, обладающую такими качествами, как масштабируемость, модульность, гибкость настройки под требования пользователей, и реализующую все необходимые функциональные возможности ГИС ЭГП.

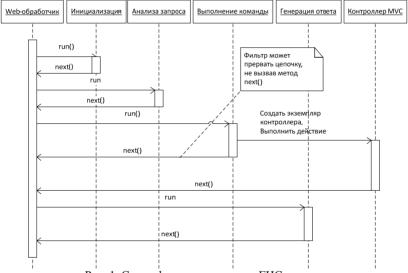


Рис. 1. Схема функционирования ГИС-сервера

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Мартин Фаулер. Архитектура корпоративных программных приложений. М.: Вильямс, 2006. 348 с.
- 2. Рыбалов Н.Б., Жуковский О.И. Архитектура корпоративной Web-ориентированной ГИС // Доклады ТУСУРа. 2008. №2(18). С. 65–69.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ARDUINO ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

О.И. Тетерятников, В.И. Лагуткин, Ю.Г. Хоменкова, слушатели каф. информатики и вычислительной техники

Научный руководитель Е.В. Лебеденко, доцент, к.т.н. г. Орел, Академия ФСО РФ, lebedenko eugene@mail.ru

Усиление интеграции информационной сферы в повседневную жизнь современного общества требует решения проблем массового обслуживания и обеспечения безопасности людей и объектов.

Одним из наиболее развитых и эффективных средств, обеспечивающих предотвращение несанкционированного доступа на различные объекты, являются системы контроля и управления доступом (СКУД). Их классификация и общие технические требования по организации представлены в ГОСТ Р 51241–2008 [1].

В настоящее время системы управления большинства коммерческих СКУД выполняются на основе микроконтроллеров, имеющих проприетарную архитектуру, что существенно снижает возможности перенастройки системы, а также привязывает потребителя к конкретному производителю СКУД.

Для решения этой проблемы предлагается применение в качестве основы СУ СКУД вычислительной платформы с открытым исходным кодом (open source hardware) Arduino [2], включающей плату с программируемым микроконтроллером и интегрированную среду программирования, базирующуюся на языке Processing (рис. 1).

Предлагаемая СУ создается на основе платы Arduino Uno, реализующей функции: получения и обработки информации, поступающей с УС на основе ключей Touch Memory, выполнения идентификации пользователя СКУД и дополненной платой расширения Arduino Ethernet Shield, обеспечивающей подключение контроллера к локальной сети и передачу данных с использованием протокола TCP/IP.

Благодаря среде программирования на основе языка Processing в предложенной системе управления удалось разработать не только ее базовые функции, но также модуль шифрования передаваемых данных, основанный на ГОСТ 28147–89 [3].

При этом важным требованием к функционированию современных систем контроля и управления доступом (СКУД) является непрерывность обеспечения процесса идентификации пользователей и их регистрации в базе данных регистрации и аудита.

Согласно ГОСТ 51241–2008 «Средства и системы контроля и управления доступом» [1] контроллеры в СКУД с централизованным

(сетевым) управлением должны обеспечивать сохранность данных в памяти системы при обрыве линий связи со средствами централизованного управления, отключении питания или переходе на резервное питание. Несмотря на то, что система управления разрабатываемой СКУД базируется на программируемом контроллере Arduino, способном реализовать вышеперечисленные функции, он при этом не имеет возможностей для хранения записей об идентификации пользователей в условиях недоступности средств централизованного управления. В



связи с этим в схему организации разрабатываемой СКУД предлагается введение дополнительного сервера резервной БД, разработанного на ЭВМ малой мощности (нетбук, Plug PC, Jack PC).

Рис. 1. Схема исполнительного устройства СКУД на основе контроллеров Arduino

В основе функционирования сервера резервной БД лежит метод мониторинга текущего состояния средств централизованного управления СКУД, основанный на модели агент—менеджер [3] (рис. 2).

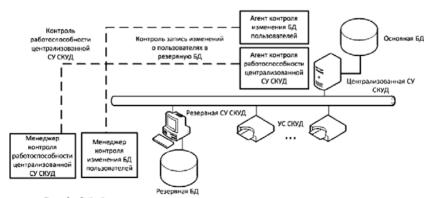


Рис.2. Обобщенная схема организации подсистемы непрерывного функционирования базы данных СКУД

В составе этой модели выделяются:

- агент контроля работоспособности центральной БД программный модуль, с заданной периодичностью передающий менеджеру работоспособности данные о состоянии центральной БД;
- менеджер контроля работоспособности центральной БД, запускающий приложение резервной БД в случае принятия решения о неработоспособности средств централизованного управления.

Заключение. Разработка системы управления СКУД на основе микроконтроллеров Arduino, а также включение в ее состав подсистемы обеспечения непрерывного функционирования БД в целом существенно снижают стоимостные показатели разработки СКУД и повышают надежность схемы организации СКУД с централизованным управлением, работающей в условиях временной неработоспособности средств централизованного управления.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. ГОСТ 51241–2008. Средства и системы контроля и управления доступом. М.: Стандартинформ, 2008.
- 2. Barrett S. Arduino microcontroller Processing for everyone O'Reley. 2010. 344 c.
- 3. Афанасьев А.П. Проблемы вычислений в распределенной среде. Распределенные приложения, коммуникационные системы, математические модели и оптимизация. М.: КомКнига, 2007, 244 с.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ И ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА К РЕШЕНИЮ ЗАЛАЧ ОПТИМИЗАПИИ

А.В. Тишков, студент 3-го курса

Научный руководитель А.А. Матолыгин, ст. преподаватель каф. ЭМИС г. Томск, ТУСУР, каф. ЭМИС, tish_22@mail.ru

Данная работа посвящена одному из оптимизационных методов. Как известно, оптимизационные задачи заключаются в нахождении максимума (минимума) функции. Такую функцию называют целевой. В оптимизационной задаче требуется найти значения входных параметров, при которых целевая функция достигает максимального или минимального значения. Зачастую более точные оптимизационные методы работают очень долго. Для решения поставленной проблемы применяются новые оптимизационные алгоритмы, называемые генетическими.

В данном проекте требуется найти глобальный максимум целевой функции (рис. 1)

$$f(x)=10+24^2-2x^3+6x^4-1/3x^5$$

на отрезке $x \in [0,20]$;

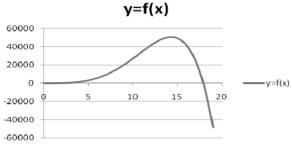


Рис. 1. График целевой функции

На первом шаге работы происходит формирование исходной популяции на заданном отрезке. Наиболее приспособленные особи из исходной популяции участвуют в создании новой популяции так, чтобы пробные решения были ближе к искомому глобальному максимуму целевой функции.

Оценивание приспособленности популяции выполняется методом рулетки. Особи отбираются с помощью N запусков рулетки, где N – размер популяции. Колесо рулетки содержит по одному сектору для каждого члена популяции. Размер i-го сектора пропорционален вероятности попадания в новую популяцию P(i), вычисляемой по формуле

$$P(i) = \frac{f(i)}{\sum_{i=1}^{N} f(i)},$$

где f(i) — пригодность i-й особи. Ожидаемое число копий i-й хромосомы после оператора рулетки определяется по формуле

$$N(i) = P(i)N$$
.

Выбор родителей происходит с помощью метода селекции. Он состоит в том, что родителями могут стать только те особи, значения приспособленности которых меньше пороговой величины. Такой подход обеспечивает более быструю сходимость алгоритма, чем, например, панмиксия, инбридинг и аутбридинг.

Далее проводится рекомбинация бинарных строк, или одноточечный *кроссинговер*. Случайным образом выбирается точка разрыва и происходит обмен участками хромосом между наиболее приспособ-

ленными. Если в новой популяции было получено решение, удовлетворяющее требованиям, происходит остановка алгоритма. Иначе кроссинговер, оценивание приспособленности и селекция повторяется с новой популяцией до тех пор, пока не выполнится условие остановки алгоритма.

На данном этапе работы выполняется применение распределенных вычислений для параллельного выполнения генетического алгоритма. При этом формируется несколько живущих отдельно популяций. На этапе формирования нового поколения применяется несколько методов отбора к разным популяциям, такие как отбор усечения, элитарный отбор, отбор вытеснения и метод Больцмана. Сгенерированная популяция в определенных случаях заменяет все остальные, происходит миграция одной популяции в другие.

Генетические алгоритмы помогают в решении большого круга задач. Один и тот же алгоритм можно применять к различным задачам, меняя лишь параметры и функцию оценки алгоритма. Главным недостатком таких алгоритмов является время выполнения. Это обусловлено большим количеством итераций. Для решения этой проблемы применяется технология распределенных вычислений.

Проект ГПО ЭМИС-0801 – «Разработка алгоритмов для много-процессорных систем».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Панченко Т.В. Генетические алгоритмы: учеб.-метод. пособие / Под ред. Ю.Ю. Тарасевича.
- 2. Немнюгин С., Стесикс О. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем: учебник по программированию для многопроцессорных систем.
- 3. Генетические алгоритмы математический аппарат [Электронный ресурс]. Режим доступа к сайту: http://www.basegroup.ru/library/optimization/ga_math/

ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА ПРОДАЖ ТИРАЖНЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

П.А. Заичкина, Н.Ю. Лунина, М.Р. Тухватшин, студенты Научные руководители П.В. Сенченко, декан ФСУ, доцент, к.т.н.; Ю.Б. Гриценко, доцент к.т.н. г. Томск, ТУСУР, ФСУ, каф. АОИ, frendik@mail.ru, natali lynina@mail.ru, marselt22@gmail.com

Современность характеризуется стремительным развитием информационных технологий, в том числе сети Интернет. Это не вызы-

вает сомнения ни у экспертов, ни у рядовых пользователей. Закономерным этапом развития отрасли стало появление возможности заработка в сети Интернет. Одной из них является продажа различного вида приложений, например мобильных, или приложений для социальных сетей и разного рода программных продуктов. После анализа возможностей распространения программ было решено сконцентрироваться на разработке и распространении мобильных и социальных приложений, так как в настоящее время они наиболее популярны и предоставляют разработчикам широкие возможности.

Мобильные приложения представляют собой программы, которые предназначены для использования на мобильном устройстве. В большинстве случаев они создаются сторонними разработчиками, после чего распространяются через онлайн-магазины различных мобильных платформ. В настоящее время самыми популярными платформами являются iOS от компании Apple, Android от компании Google и недавно появившаяся Windows Phone 7 от Microsoft (Android и iOS занимают 78% рынка США на начало 2012 г.).

Для разработчика работа над приложением проходит в несколько этапов. Сначала необходимо выбрать идею для приложения — это может быть игра или функциональное приложение. После процесса разработки необходимо определить способ, которым будет распространяться приложение и соответствующий магазин. Приложение может распространяться платно; оно может распространяться бесплатно, однако со встроенной рекламой или кнопкой Donate, с помощью которой пользователи смогут добровольно заплатить производителю. При использовании такой схемы разработчику необходимо воспользоваться сервисом рекламы для приложений, например Google AdMob (для остальных платформ также существуют подобные сервисы). Приложение может распространяться бесплатно с ограниченным функционалом, за снятие ограничения пользователю необходимо заплатить.

Автор приложения может выбрать магазин, созданный официальным разработчиком платформы (например, Android Market от Google для платформы Android, подобные магазины существуют и для остальных платформ). Магазины такого рода характеризуются большим разнообразием приложений, широкой пользовательской аудиторией и большей надежностью касательно выплаты денежных средств, полученных от продажи приложения. Однако за возможность распространения своего приложения в таком магазине необходимо платить (например, аккаунт продавца на Android Market стоит 25 долларов США). Для регистрации на неофициальных магазинах не требуется оплата, в основном они являются мультиплатформенными и характеризуются меньшим количеством приложений и пользователей, однако зачастую

механизмы выплаты разработчикам устроены проще. В обоих случаях доход от продажи приложения делится между разработчиком и магазином чаще всего в соотношении 70 к 30.

Затем разработчику необходимо пройти этап продвижения своего приложения. Он может разместить информацию о приложении на сайте-каталоге. По сути, это собрание данных о приложениях, разбитых по категориям, и ссылок на магазины, где их можно приобрести. Он может отправить приложение на так называемый ревью-сайт, то есть сайт, который занимается обзором приложений. Сотрудники сайта опробуют его и, если оно будет достаточно интересным, напишут детальный обзор всех плюсов (и, что важно, минусов) и поместят ссылку на приобретение приложения. Однако на таких сайтах наблюдается тенденция запрашивать деньги за написание обзора. Поэтому лучшим вариантом остается следующий – создать качественное, стабильно работающее приложение с хорошей графикой и, возможно, оригинальной идеей. В таком случае оно может попасть в список выбранных редакцией магазина и будет размещено на главной странице, привлекая таким образом пользователей.

Особой динамикой развития характеризуются социальные сети. Размещая приложение в сети, разработчик получает доступ к базе пользователей в десятки миллионов человек. Интересные приложения распространяются подобно вирусу: пользователи сами делятся друг с другом ссылками. Ко всему прочему, администрация социальных сетей поощряет желание зарабатывать на приложениях. Поэтому на сегодняшний момент разработка приложений для социальных сетей является актуальной темой.

На начальном этапе разработчик сталкивается с проблемой выбора социальной сети и инструментов для создания приложения. Поэтому в начале работы был проведен общий анализ крупных социальных сетей и приведены инструменты, с помощью которых разрабатываются приложения для них. Так, при разработке необходимо учитывать требования АРІ данной сети, обязательным является соответствие правилам и условиям размещения приложений. Особое внимание следует уделять политике модерации приложений. Для каждой социальной сети она своя, и на начальных этапах создания приложения необходимо с ней ознакомиться, в противном случае приложение не будет помещено в каталог.

После внедрения встает вопрос о выводе данного продукта на рынок и монетизации приложения. У каждой социальной сети свои требования и своя внутренняя валюта, стоимость которой существенно различается, помимо этого, различны и правила обналичивания виртуальной валюты в реальные денежные средства.

К примеру, одни платформы взимают с разработчиков 50% их прибыли (например, сети «ВКонтакте» и «Одноклассники»), другие удерживают всего 30% прибыли. Все эти факторы необходимо учитывать при планировании, разработке и внедрении приложений.

Любой доход облагается налогом, и доход от продажи приложений не является исключением. Опытные разработчики советуют организовать ИП и выбрать упрощенную систему налогообложения в том случае, если доход разработчика от продажи приложения является значительным.

В процессе работы была проанализирована текущая ситуация на рынке приложений, однако рынок программных продуктов быстро развивается и меняется, поэтому важно много и внимательно исследовать его, чтобы быть в курсе всех новинок и особенностей.

Проект ГПО АОИ-1105 – «Исследование рынка продаж тиражных программных продуктов».

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Apple, Google Dominate U.S. Smartphone Market With 78% Share // Bloomberg [Электронный ресурс]. URL: http://www.bloomberg.com/news/2012-03-06/apple-gains-smartphone-share-as-total-u-s-users-top-100-million.html (дата обращения: 10.03.2012).
- 2. List of mobile software distribution platforms // Wikipedia [Электронный pecypc]. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_digital_distribution_platforms_for_mobile_devices (дата обращения: 10.03.2012).

Подсекция 13.2

СОВРЕМЕННЫЕ БИБЛИОТЕЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Председатель — **Абдрахманова М.В.**, директор библиотеки ТУСУРа,

зам. председателя – Карауш А.С., доцент каф. РЗИ, к.т.н.

БАЗА ДАННЫХ «МАРС»: ПРИЧИНЫ ПОПУЛЯРНОСТИ В НТБ ТПУ

Н.Т. Чуприкова, главный библиотекарь

г. Томск, ТПУ, Научно-техническая библиотека, ntch@lib.tpu.ru

Причиной создания «МАРС» в 2001 г. явилась острая профессиональная потребность сотрудников четырех вузовских библиотек в выполнении одной из основных профессиональных функций — в информационном обслуживании пользователей, в частности аналитической информацией периодических изданий.

За 12 лет своего существования МАРС (Межрегиональная аналитическая роспись статей) http://mars.arbicon.ru/ претерпел кардинальные изменения, которые стали итогом планомерно проводимых организационных, методических, технических и технологических разработок и нововведений. Можно сказать, что из частной инициативной идеи вначале МАРС успешно оформился в тематический консорциум, затем в 2003 г. вошел в АРБИКОН (Ассоциацию региональных библиотечных консорциумов) http://arbicon.ru/.

МАРС влился в ассоциацию не просто одним из территориальных партнерств, а, доказав свою информационную необходимость, сумел получить финансовую и техническую поддержку со стороны АРБИКОН. С 2005 г. консорциум приобрел статус проекта АРБИКОН «МАРС» http://arbicon.ru/projects/MARS/.

В настоящий момент в проекте принимают участие 206 организаций различной ведомственной подчиненности. Общий объем сводной базы данных составил 1644146 записей.

В сводной базе данных содержатся записи на статьи из 1829 журналов различной тематики. Около 800 из них входит в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» (список ВАК).

Основная задача проекта – совместное создание корпоративного информационного ресурса – базы данных аналитической росписи пе-

риодических изданий. Общие требования — выполнение методических и технологических решений, принятых в проекте, оперативность пополнения БД новыми записями. Сокращение трудозатрат каждой конкретной библиотеки в сравнении с получаемым в использование полным ресурсом является ярчайшим примером преимуществ корпоративной каталогизации.

Одной из главных составляющих проекта является Сводный каталог периодики библиотек России (СКПБР) http://ucpr.arbicon.ru/. Создается этот каталог участниками двух проектов АРБИКОН «МАРС» и «ЭДД» (электронная доставка документов) на начальном этапе одного из проектов. Каждая библиотека-участница обязана предоставить в СКПБР информацию о своей библиотеке и подписке периодических изданий. Этот процесс выполняется с помощью Web-технологий, нетрудоемкий, но ответственный, так как достоверность информации о наличии выпусков журналов в библиотеках является обязательным требованием проектов. Временной охват базы данных СКПБР–2000–2012 гг. В настоящий момент ведется ретроспективное отражение партнерами подписки с 1995 г.

СКПБР позволяет оптимизировать состав подписки за счет использования сервисов проектов «МАРС» и «ЭДД». Кроме этого, на репертуар подписки влияет и полнотекстовое представление издательствами некоторых журналов. Несмотря на предупреждение сайта МАРС о том, что «Сводная база данных не содержит полных текстов статей!», ссылки на полные тексты встречаются.

История создания и качественного изменения сервисов МАРС достаточно полно представлена в профессиональной печати и упомянутых сайтах. Повторяться не будем, но все же рассмотрим, почему ресурсы МАРС очень популярны в НТБ, как у пользователей, так и у сотрудников библиотеки?

НТБ участвует в проекте МАРС с сентября 2009 г., после того как в проекте была поддержана многоуровневая технология библиографического описания. Процесс аналитической росписи довольно трудоемкий, требующий высокой квалификации. В рабочей группе по проекту 9 человек, и для всех сотрудников аналитическая роспись не является основным видом деятельности. За НТБ закреплено 12 журналов, входящих в «Перечень ВАК РФ», из них три журнала сопровождаются полнотекстовыми версиями статей.

Следует отметить, что из представленных в БД MAPC 1829 журналов аналитически раскрыты 76% подписки НТБ на периодику, т.е. 368 названий из 485.

Важно заметить, что участие в проекте позволяет ознакомиться нашим пользователям с содержанием журналов, которые библиотека

не выписывает, а это соответственно 1461 название. Каждая аналитическая запись сопровождается аннотацией, и замечательно то, что в научных журналах это преимущественно авторская аннотация.

На сегодняшний момент для пользователей ТПУ доступны аналитические записи БД MAPC за 2001–2012 гг. с компьютеров университетской корпоративной сети.

Все возрастающая статистика использования ресурсов нашими пользователями свидетельствует о сложившейся культуре информационного поиска в ТПУ непосредственно с рабочих мест. Использование БД МАРС по сравнению с прошлым годом увеличилось в 3 раза — с 25481 до 78144 обращений, что в первую очередь обусловлено возросшим объемом представленной информации (с 3 лет до 11).

Также влияют удобный режим доступа по корпоративной сети, проведение обучения студентов 1 и 2 курсов в рамках курса «Основы информационной культуры» и консультирование пользователей на всех точках обслуживания. Положительным моментом является и то, что в минимально короткие сроки можно получить по запросу ЭДД полные тексты любых статей БД МАРС.

Популярность ресурса у сотрудников библиотеки не меньше, чем у пользователей, и обусловлена широкими возможностями использования при организации выставочной работы и сопровождении массовых и информационных мероприятий.

Участие в проекте стимулирует профессиональный рост персонала в плане расширения кругозора, научных понятий и представлений, содействует максимальной реализации возможностей сотрудников.

Трудозатратность процессов аналитической росписи в проекте МАРС по сравнению с предоставлением услуг в проекте ЭДД окупается активным использованием и востребованностью создаваемого информационного ресурса.

Радует то, что проект развивается динамично и стабильно. Активно ведется пополнение ресурса новыми и ретроспективными библиографическими записями. Прирост сводной базы данных МАРС в 2011 г. составил 258052 записи, в том числе от НТБ ТПУ — чуть более 5 тысяч. Особое внимание уделяется качеству аналитической росписи, доработке лингвистического обеспечения.

Конечно же, сегодня абсолютно логичным представляется активное использование БД МАРС каждой библиотекой, так как причины популярности налицо и обусловлены:

- универсальностью тематического наполнения;
- достаточной глубиной хронологического охвата;
- актуальностью, новизной и оперативностью информации;
- востребованностью в научном и учебном процессах.

АЛГОРИТМ ПРОВЕРКИ ДУБЛЕТНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ БИБЛИОТЕК ПРИ СОЗДАНИИ ЕДИНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ

А.А. Клименко, Л.С. Терешко, А.П. Топоркова, студенты; А.С. Карауш, доцент каф. РЗИ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, РТФ, mess18@yandex.ru

Любая организация должна иметь в своём распоряжении точные статистические данные, которые могут относиться к различным направлениям деятельности этой организации. Не исключением является и Муниципальная информационная библиотечная система г. Томска. Но в процессе обеспечения этими данными МИБС её руководство и работники сталкиваются с некоторыми трудностями.

На протяжении определенного промежутка времени каждая библиотека, входящая в МИБС, вела свою базу данных читателей. Но один и тот же читатель мог записаться в разные периоды в несколько библиотек. Таким образом, сведения о нём до настоящего момента хранятся в каждой этих баз. Кроме того, представим ситуацию, что определённый читатель записался, например, как школьник в 2002 г. и после этого уже не посещал эту библиотеку, но сведения о нём остаются в базе данных библиотеки. Позже, например в 2006 г., этот же читатель опять записался в ту же или другую библиотеку, входящую в МИБС, являясь на тот момент уже студентом, или же он мог вообще сменить фамилию и записаться заново уже в третью библиотеку. То есть об одном и том же человеке в распоряжении библиотек имеются сведения абсолютно разные и находящиеся в разных базах. Соответственно возникает вопрос: как собрать эти сведения в одну запись? Вот именно это и является общей проблемой библиотек в статистике и учёте их читателей, на исследование которой направлена работа проекта ГПО в новом семестре.

Были разработаны алгоритмы, которые позволяют решить поставленную задачу.

Итак, в ИРБИС64 существует системный файл !21.pft, отвечающий за поиск дублетных записей. Содержащийся в нем алгоритм позволяет выполнить следующие действия: если дублетных записей читателя нет в БД или дублетной считается запись, с которой мы непосредственно работаем в данный момент, то программа игнорирует такую ситуацию. В противном случае программа выдаёт сообщение «Дублетный читатель», в котором указываются ФИО и год рождения дублетного читателя, а также первый совпадающий номер записи.

Но задача усложняется тем, что нам необходимо, работая в текущей БД RDR, провести аналогичный поиск дублетных записей и во вспомогательных БД, которые играют роль БД других библиотек, вхо-

дящих в МИБС. При этом нужно вывести ФИО, год рождения и номер не только первой найденной дублетной записи читателя, как это происходило в предыдущем алгоритме, но и всех остальных найденных дублетных записей. В соответствии с поставленной задачей был разработан алгоритм, интерпретация которого заключается в следующем: если количество дублетных записей во вспомогательных базах не равно нулю, тогда программа выводит сообщение об этих записях с указанием БД, в которой они нашлись, их номеров и ФИО соответствуюшего им читателя.

Был модифицирован файл RDR.WS, который определяет структуру записи читателя. В него было добавлено поле «<1100> БД», в котором содержится перечень всех возможных баз, откуда нужно брать сведения о читателе для заполнения ими текущей базы. Причем такое заполнение должно производиться автоматически.

За автоматическое заполнение отвечает файл autoin.gbl. В него был внесен алгоритм, позволяющий при выборе БД, из которой нужно брать данные о дублетном читателе, вносить их в текущую базу при нажатии кнопки «Сохранить».

Далее была проведена работа с файлом DBNFLC.PFT, в который был внесен модифицированный алгоритм поиска из файла !21.pft. Этот алгоритм позволяет провести проверку, ввел ли оператор данные о читателе, запись которого дублетна, или оператор выбрал базу данных, из которой нужно провести автозаполнение, в противном случае этот алгоритм не позволяет сохранить этого читателя в текущей базе.

Результат данной работы позволяет значительно облегчить работу оператора по поиску дублетных записей читателей, а также автоматизировать заполнение полей информацией об этом читателе в единую базу данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система автоматизации библиотек ИРБИС64. Общее описание системы. М.:ГПНТБ России, 2004. 411 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ТПУ: СОСТАВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

О.В. Халошина, зав отделом

г. Томск, ТПУ, Научно-техническая библиотека, holga@lib.tpu.ru

Целью программы развития на 2009–2018 гг. [1] является становление Томского политехнического университета (ТПУ) как университета мирового уровня. Успешность данного процесса напрямую связа-

на с использованием информации для обеспечения учебной и научной деятельности. В рамках реализации программы развития предусмотрено обеспечение студентам и преподавателям оперативного и полного доступа к мировым информационно-образовательным ресурсам. Безусловно, наиболее современной и перспективной формой информации в настоящее время является электронная.

Рассмотрим использование электронных ресурсов в ТПУ. Для сравнения несколько слов о подписке зарубежных университетов. Затраты на библиотеку среднего исследовательского университета составляют примерно 3% от бюджета, что соответствует 450–500 млн. евро. Библиотека, в свою очередь, тратит на комплектование 32% своего бюджета (примерно 4 млн евро), причем 68% — на подписку электронных ресурсов [2].

Если соотнести данную пропорцию в ТПУ, можно предположить следующее. Если затраты на библиотеку в 2011 г. составили — около 26,5 млн. рублей, из них на комплектование фонда — 22,5 млн (на электронные ресурсы — 11,4 млн), то бюджет университета должен составлять 884 млн рублей.

В настоящее время доступ к электронной информации для российских организаций складывается из следующих составляющих: подписка ресурсов за собственные деньги и ресурсы, получаемые в доступ за счет государственного финансирования программ НЭИКОН (Национальный электронно-информационный консорциум) и РФФИ (Российский фонд фундаментальных исследований).

Начиная с 2005 г. НЭИКОН ежегодно продляет доступ к электронным ресурсам в рамках федеральных целевых программ, финансируемых МОН (Министерство образования и науки) по поддержке приоритетных направлений развития. Подписка включает такие авторитетные ресурсы, как ASC, AIP, OUP, Sage, Science, Nature, QPAT и др. В рамках проекта РФФИ по поддержке фундаментальных научных исследований организациям предоставляется доступ к зарубежным научным журналам в электронной форме.

Данные проведенного в 2011 г. анкетирования НЭИКОН показали готовность российских библиотек финансировать подписку электронных ресурсов из собственных средств. В среднем университеты тратят на электронную подписку 28% своего бюджета на комплектование. В национальных университетах затраты составляют 75% от общего бюджета на комплектование и находятся на уровне передовых европейских и мировых университетов. В федеральных университетах это составляет 48%, а в НИУ -23% [3]. Средние затраты российского вуза составляют 80 тыс. долларов, а ведущих университетов -1 млн долла-

ров, что в 10–15 раз больше средних затрат и сопоставимо с подпиской зарубежных университетов [4].

Приведем данные по электронной подписке ТПУ. В программе развития университета на 2009–2018 гг. [1] заложены мероприятия по обеспечению студентов и преподавателей доступом к мировым информационным ресурсам и расписаны затраты на их приобретение. Так, в 2014–2015 гг. планируется потратить до 40 млн рублей ежегодно.

В настоящее время подписка на электронные ресурсы складывается из ресурсов, приобретаемых из бюджета университета, НЭИКОН и РФФИ (таблица).

Подписка на электронные ресурсы ТПУ, руб.

	Бюджет					
Год	ТПУ		НЭИКОН		РФФИ	
	Кол-во	Стоимость	Кол-во	Стоимость	Кол-во	Стоимость
2009	5	1119820,00	31	2498771,57	8	
2010	6	8339323,65	17	1276712,06	8	
2011	9	11388326,00	14	1041631,71	9	
2012	6	12000000,00	7	1500000,00	5	861193,00

Из бюджетных средств университет приобрел доступ к отечественным, среди которых представлены полнотекстовые журналы, учебники и диссертации, и зарубежным ресурсам. В общей сложности оплачен доступ к 9 базам данных.

Хочется отметить, что затраты на электронную подписку ежегодно увеличиваются. Связано это с увеличением стоимости годового доступа (для примера, стоимость журналов ACS в 2011 г. по сравнению с 2009 г. увеличилась в 3 раза). Кроме этого, в последние годы происходит снижение финансирования университетов за счет государственных организаций. Так, МОН после 6 лет поддержки бесплатного доступа на государственные средства приняло решение о постепенном сокращении финансирования за счет средств федерального бюджета и перехода к подписке с 2014 г. за счет средств самих организаций.

Говоря об организации доступа к электронной информации, независимо, из каких средств это приобретается, необходимо остановиться на таком моменте, как использование, ведь именно этот показатель определяет востребованность подписанных ресурсов.

Основным показателем востребованности является количество запрошенной полнотекстовой информации. Тенденция к увеличению использования электронной информации прослеживается в университете с 2005 г. Так, в 2011 г. количество обращений к полнотекстовым документам увеличилось на 206,8% по сравнению с предыдущим годом, т.е. в 2 раза.

Однако если рассматривать эффективность использования электронных ресурсов в ТПУ и брать для сопоставления мировой показатель (стоимость открытой полнотекстовой статьи принято считать 2,5 евро) [3], то показатель для ТПУ недостаточно высокий.

Из приведенных данных можно сделать вывод, что предстоящее сокращение государственного финансирования электронной подписки и удорожание ее стоимости закроют доступ к ряду ресурсов. Чтобы этого не произошло, необходимо ежегодно увеличивать средства на приобретение электронных ресурсов из бюджета университета. Еще одна из важнейших задач требующая решения — интеграция электронных ресурсов в учебный и исследовательский процесс университета.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Программа развития ГОУ ВПО «Томский политехнический университет» на 2009—2018 годы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://nru.tpu.ru/files/niuret-prog.pdf. Загл. с тит. экрана (дата обращения: 12.03.2012).
- 2. Кузнецов А.Ю. Проекты консорциума НЭИКОН / А.Ю. Кузнецов, И.К. Разумова // Университет. кн. 2010. № 7/8. С. 80–84.
- 3. Кузнецов А.Ю. Подписка на электронные ресурсы в России : тенденции последних лет / А.Ю. Кузнецов, И.К. Разумова // Университет. кн. 2011. № 6. С. 49–53.
- 4. Кузнецов А.Ю. Национальный электронно-информационный консорциум НЭИКОН лидер в организации совместного доступа к электронным ресурсам [Электронный ресурс] / А.Ю. Кузнецов, Н.Н. Литвинова, И.К. Разумова. Режим доступа: http://conference.ifla.org/past/ifla77/113-kouznetsov-ru.pdf. Загл. с тит. экрана (дата обращения: 12.03.2012).

ВИРТУАЛЬНЫЕ КНИЖНЫЕ ВЫСТАВКИ В БИБЛИОТЕКЕ

Ю.А. Хамрина, библиотекарь-консультант

г. Томск, ТГУ, Hamrina086@yandex.ru

Формирование новой информационной среды является одной из ключевых тенденций современного развития человеческой цивилизации. Технологическую базу этой среды составляют глобальные компьютерные сети, позволяющие получить доступ к электронной информации в любом месте и в любое время.

Развитие информационных технологий отразилось и на системе библиотечного обслуживания. Ярким примером этого является появление нового вида информационно-библиотечного обслуживания — виртуальных выставок. Виртуальная выставка представляет собой синтез традиционного (книжного) и новейшего (электронного) способа предоставления информации [1. С. 118]. Она является публичной де-

монстрацией в сети Интернет с помощью средств Web-технологий специально подобранных и систематизированных произведений печати и других носителей информации, рекомендуемых удаленным пользователям библиотеки для обозрения и ознакомления [2].

Виртуальные библиотечные выставки наряду с традиционными книжными имеют общие цели и задачи, среди которых развитие общего кругозора читателей, привлечение внимания к теме, раскрываемой в выставке, а также пропаганда библиотечного фонда.

Однако виртуальная выставка обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционной. К их числу можно отнести следующие:

- дистанционный доступ к выставке в любое время суток;
- неограниченное время действия выставки;
- компактность (виртуальная выставка не занимает физического пространства);
- возможность использования гипертекста, что позволяет акцентировать внимание на отдельных документах и обращаться к другим ресурсам Интернет по теме;
- возможность создания серии выставок, действующих одновременно

На сегодняшний момент в Научной библиотеке ТГУ можно выделить ставшие традиционными формы виртуальных выставок.

Первые виртуальные выставки появились на сайте библиотеки в 2008 г. Читальный зал литературы по историческим и филологическим наукам поместил информацию в новой рубрике «Это интересно! Еженедельный обзор новинок» (новость от 01.11.2008). Эту инициативу подхватили и другие отраслевые читальные залы. С тех пор эта рубрика еженедельно обновляется. Читальные залы в электронном формате предлагают пользователям библиотеки ознакомиться с новыми поступлениями. Выставки рубрики «Это интересно...» представляют собой изображение обложек книг с аннотацией, подобранных по определенной отрасли знания. Как правило, эти выставки имеют свое название, сопроводительный текст, освещающий проблематику или тематику выставки, а также библиографический список представляемых изданий

В 2010 г. сотрудники одного из отраслевого читального зала создали серию тематических виртуальных выставок «Великой Победе посвящается» (новость от 21.06.2010). Виртуальные выставки этой серии представляют внешний вид документа, его библиографическое описание и аннотацию, а также дополнительные текстовые данные — выдержки из книг, раскрывающие тему раздела выставки. Позже с появлением других виртуальных выставок на сайте Научной библиотеки

ТГУ появилась отдельная рубрика «Выставочный зал», в которой размещаются тематические виртуальные выставки.

Последующие виртуальные выставки, создаваемые сотрудниками отраслевых читальных залов, претерпели значительные изменения. Начиная с выставки «Зигмунд Фрейд. К 155-летию со дня рождения» (май 2011 г.), виртуальные выставки стали включать в себя наиболее интересную информацию по теме, которой она посвящена, списки рекомендованной литературы и интернет-ресурсов, освещающих эту тематику, а также дополнительные текстовые и визуальные данные (выдержки из книг, картины, фотографии и пр.).

Разрабатывая виртуальную выставку, посвященную 300-летию со дня рождения М.В. Ломоносова, сотрудники одного из читальных залов пошли на эксперимент — сделать выставку интерактивной. Для этого мы создали рубрику выставки — «Викторина», где предложили виртуальным посетителям ответить вопросы. За время проведения викторины было получено более 50 ответов. Примечательно, что процент наших читателей и сторонних пользователей, участвующих в викторине, был примерно одинаков. Проявленный интерес к виртуальной викторине и к виртуальным выставкам в целом позволяет сделать вывод об эффективности этого вида библиотечного обслуживания.

Активную виртуально-выставочную работу в НБ ТГУ ведут также сотрудники отдела рукописей и книжных памятников и сотрудники отдела основного фонда. Основная задача виртуальных выставок, разрабатываемых этими отделами, – предоставление широкого доступа к книжным памятникам НБ ТГУ при обеспечении сохранности документов; продвижение документов: раритетных изданий, литературнохудожественных журналов и газет, находящихся в фонде библиотеки. Например, серия выставок «Новое в старом» включает вводную информацию по теме, внешний вид документа, аннотацию изданий, а также оцифрованные выдержки из этих изданий. Здесь же указана дополнительная библиографическая информация – список номеров, имеющихся в фонде НБ.

Создание виртуальных выставок в библиотеке опирается на традиционную методику выставочной работы и включает новые возможности электронной компьютерной среды (текстовый процессор Word, система подготовки презентаций PowerPoint, пакет графических программ Adobe Photoshop, программы Adobe Macromedia Flash, язык разметки интернет-страниц HTML и др.).

Постоянный прогресс в области информационных технологий ставит перед библиотеками задачи по их своевременному освоению и внедрению в библиотечную деятельность. Научная библиотека ТГУ готова идти на дальнейшие эксперименты в организации виртуальных

выставок, осваивать и предлагать своим пользователям новые виды и форматы выставок. В перспективах освоение новых мультимедийных технологий (прежде всего Flash-технологий), которые позволят сделать виртуальные выставки еще более интересными, яркими, отвечающими современным требованиям их организации.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Збаровская Н.В. Выставочная деятельность публичных библиотек. М.: Профессия, 2004. 224 с.
- 2. Куликова Е.Е. Виртуальные выставки: технология создания (акмеологическое консультирование) [Электронный ресурс] // ТОГОАУ ДПО «Институт повышения квалификации работников образования». Электрон. дан. Тамбов, 2011. URL: http://ipk.68edu.ru/2010-05-31-12-25-16/oir/627-biblvist.html (дата обращения: 18.02.2012).

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MS NETFRAMEWORK 4.0 PARALLEL EXTENSIONS НА ПРИМЕРЕ БПФ

А.Н. Куликов, студент, каф. ВТиЭ

Научный руководитель П.М. Зацепин, доцент каф. ВТиЭ г. Барнаул, АлтГУ, incubus370@mail.ru

Многопроцессорные машины становятся стандартом по мере того, как скорость отдельных процессоров растет всё медленнее и медленнее. Следовательно, чтобы повысить производительность, программа должна работать параллельно на нескольких процессорах. Но единой технологии, раскрывающей потенциал многопроцессорных систем, к сожалению, нет, и компании-производители программного обеспечения, такие как Intel или Microsoft, предлагают свои собственные решения для параллельных вычислений в многоядерных системах. Эти технологии обладают для программиста определенной степенью прозрачности и могут быть легко использованы при решении прикладных задач.

В качестве демонстрационного примера приведем задачи спектрального анализа, в основе которых лежат алгоритмы быстрого преобразования Фурье. (Описание алгоритма и блок-схемы приведены в книге: Калабеков Б.А. Микропроцессоры и их применение в системах обработки и передачи сигналов) [1].

В алгоритме двоично-инверсных перестановок присутствует итерационная зависимость по данным и не позволяет задействовать параллельные вычисления, алгоритм БПФ возможно выполнить параллельно со следующими условиями (m=log₂N):

- при i=0,..., m/2 (целая часть) выполняется алгоритм с параллельным циклом 2 уровня вложенности;
- при i = m/2,..., m (целая часть) выполняется алгоритм с параллельным циклом 3 уровня вложенности.

В первую очередь это обусловлено тем, что на каждом шаге внешнего цикла количество итераций цикла 2-го уровня уменьшается, а цикла 3-го уровня увеличивается в 2 раза. В результате алгоритм позволяет максимально задействовать вычислительные ресурсы на начальных и конечных этапах БПФ.

Чтобы существенно облегчить написание сопровождаемого кода и автоматически использовать несколько процессоров, компанией Microsoft был разработан набор инструментов параллельного выполнения заданий Parallel Extensions, входящих в состав набора Microsoft Net Framework 4. Используя этот инструментарий, можно выделять делегаты (блоки кода), пригодные для распараллеливания, в существующем последовательном коде. Выделенные таким образом параллельные задания будут выполняться одновременно на всех доступных процессорах.

Parallel Extensions Task Parallel Library (TPL) – предоставляет такие императивные методы, как:

- Parallel.For() метод позволяет выполнить делегат параллельно в несколько потоков заданное количество итераций;
- Parallel.ForEach() параллельно выполняет делегат над элементами коллекции IEnumerable<TSource>;
- Parallel.Invoke() принимает набор делегатов Action и обеспечивает их одновременное выполнение.

Новый пул потоков был переработан и оптимизирован для управления большим числом рабочих потоков, и реализация очереди задания для каждого из них изменена. Теперь кроме глобальной очереди задач каждый поток имеет свою локальную очередь. Это позволяет более эффективно управлять задачами.

Создание и завершение потоков выполняются библиотекой автоматически [2–3].

Учитывая ограничения и условия параллельного выполнения, применим метод Parallel.For() библиотеки Parallel Extensions для алгоритма $\Pi \Phi$ (рис. 1).

Заметим сразу, что выигрыш при использовании расширения оправдывается при большом количестве вычислений, поскольку часть ресурсов тратится на создание параллельно выполняемых потоков. Исходя из этого ограничения, был проведен тест производительности алгоритма при последовательном и параллельном режимах и вычислен

коэффициент, характеризующий степень увеличения производительности вычислений (таблица). При тестировании использовалось 524288 отсчетов исходного сигнала.

```
for (i = 1; i < =m; i++)
                      {
                      for(I=1;I \le POW2m i;I++) {
                      for (long r = 1; r \le POW2i 1; r++)
                      {/*двухточечное ДПФ*/}
for (i = 1; i < m-k; i++)
                                          for (i = 1; i < m-k; i++)
. . .
Parallel.For(1, (long)POW2m i+1, I =>
                                          Parallel.For(1, (long)POW2m i+1, I =>
\{for (long r = 1; r \le POW2i \ 1; r++)\}
                                          \{for (long r = 1; r \le POW2i \ 1; r++)\}
{/*двухточечное ДПФ*/}
                                          {/*двухточечное ДПФ*/}
                                          });
});
```

Рис. 1. Применение метода Parallel.For() в быстром преобразовании Фурье

Результаты тести	рования п	оследовател	іьного и і	параллел	ьного	ЫΙΨ
l t	1		J			T/ 1

No	Процессор	Время последовательного преобразования (мс)	Время параллельного преобразования (мс)	Коэф- фициент
1	Intel Core 2 Duo T5800 2,0 ΓΓц	671	420	1,6
2	Intel Pentium P6200 2,13 ΓΓц	600	400	1,5
3	Intel Core 2 Duo T7500 2,2 ΓΓц	600	380	1,6
4	Intel Atom N450 1,66 ΓΓц	1950	1370	1,4
5	Itel Core i3 2350M 2,3 ГГц	570	250	2,3

Библиотека Parallel Extensions предлагает все внимание разработчика целиком сосредоточить на задаче, упрощая распараллеливание программ, и предоставляет уже готовый, до некоторой степени универсальный подход. Это уменьшает затраты на распараллеливание, что

в конечном счёте позволяет сделать разработку дешевле по экономическим и временным показателям.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Калабеков Б.А. Микропроцессоры и их применение в системах обработки и передачи сигналов. М.: Радио и связь, 1988. 366 с.
- 2. Журнал MSDN Magazine [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/cc163340.aspx свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.
- 3. Интерфейс [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.interface.ru/home.asp?artId=23095 свободный. Загл. с экрана. Яз. рус.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ «КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ» В БИБЛИОТЕКЕ ТУСУРА

О.В. Штымова, зав. отделом обслуживания библиотеки; М.В. Абдрахманова, директор библиотеки

г. Томск, TУСУР, ovsh@lib.tusur.ru, mva@lib.tusur.ru

Библиотеки высших учебных заведений играют важную роль в обеспечении учебного процесса. Одним из основных показателей работы является показатель книгообеспеченности образовательного процесса.

Обычно в вузовских библиотеках заказы на покупку определенных объемов литературы, обеспечивающей учебный процесс, исходят от кафедр. Однако ситуация, при которой кафедры отслеживают наличие, актуальность и соответствие требованиям по аккредитации и лицензированию рекомендованной по всем своим дисциплинам основной и дополнительной литературы, — это идеальный вариант взаимодействия подразделений вуза, практически неисполнимый на практике. Поэтому основой для принятия решений ответственным за комплектование фондов лицом о покупке определенных наименований учебной литературы в определенном количестве, наряду с заказами кафедр, служат коэффициенты книгообеспеченности для отдельных дисциплин и блоков дисциплин.

Книгообеспеченность как понятие, — это определение числа экземпляров книг, отобранных по разным критериям, в расчете на одного студента, по направлениям и специальностям, по циклам дисциплин, по конкретным дисциплинам, по видам и формам обучения, по уровню компонента (федеральный, региональный), по видам учебной литературы и т.д.

Алгоритм организации электронной картотеки книгообеспеченности в библиотеке ТУСУРа можно представить следующим образом:

- в БД «VUZ-Учебные дисциплины» учебные планы специальностей университета;
- в библиографическую запись учебного издания БД «ЭК» сведения о предназначенности издания (факультет, семестр, специальность и т.д.) в соответствии с бумажной картотекой.

Таким образом, каждое издание «прикреплено» к определенным дисциплинам и контингенту студентов, для которых оно предназначено, что позволяет вычислить для него коэффициент книгообеспеченности.

При заполнении БД «Читатель» для студентов вводится дополнительный набор сведений: «Факультет – Направление – Специальность – Вид обучения – Форма обучения – Семестр». При этом автоматически формируются данные «Изучаемые дисциплины», которые переносятся из соответствующей записи БД «VUZ».

Кроме того, автоматизированная картотека книгообеспеченности позволяет:

- оперативно формировать выходные формы;
- предоставлять информацию о наличии в фонде изданий с грифами Минобрнауки РФ, других федеральных органов исполнительной власти, имеющих в ведении высшие учебные заведения, и учебнометодических объединений вузов России;
- определять процентное отношение этих изданий к общему фонду и показателям его обновления (новизны).

Следует отметить, что БД «Книгообеспеченность» не должна рассматриваться только как инструмент получения коэффициентов и выходных форм книгообеспеченности по различным критериям. Актуальность ведения электронной базы «Книгообеспеченность» возрастает в связи с необходимостью качественного управления формированием и использованием фондов библиотеки. Потому в создании БД принимают непосредственное участие сотрудники отдела комплектования, внося необходимые сведения на новые поступления.

Освоение APMa «Книгообеспеченность» предполагает получение качественно новой информации по всем вопросам обеспеченности учебного процесса, создание комфортной информационной среды для пользователей библиотеки, партнерство с подразделениями вуза по вопросам формирования учебных ресурсов.

ПРОЕКТ АРБИКОН «ЭДД»: ПЯТИЛЕТНИЙ ОПЫТ РАБОТЫ

Н.А. Титова, ведущий библиотекарь; Н.Т. Чуприкова, главный библиотекарь

г. Томск, ТПУ, Havuho-техническая библиотека, nat@lib.tpu.ru, ntch@lib.tpu.ru

Цель библиотечной деятельности заключается в том, чтобы максимально удовлетворить информационные потребности пользователей. В настоящее время этого можно достигнуть только при осуществлении кооперации и координации деятельности библиотек в комплексном внедрении эффективных автоматизированных технологий. путем создания различного рода библиотечных сетей и консорциумов, инновационных проектов.

Для достижения цели создания единой системы обеспечения пользователей электронными копиями документов, основанной на современных технологиях и правовых актах, в 2007 г. в рамках АРБИКОН (Ассоциация региональных библиотечных консорциумов создан проект ЭДД (Электронная доставка документов) http://arbicon.ru/projects/EDD/.

Основная задача проекта – совместное использование фондов консорциумов, в первую очередь периодических изданий. Общие требования – это максимальная автоматизация основных процессов ЭДД и оперативность выполнения заказов пользователей.

В рамках проекта, согласно Федеральному закону об авторском праве, электронные копии документов разрешается использовать только для научных и образовательных целей. Полученные копии запрещено тиражировать, воспроизводить в любой форме, кроме законодательно разрешенной (однократная распечатка).

Проект ЭДД обеспечивает информационные потребности пользователей путем выполнения индивидуальных заказов по поиску и предоставлению копий статей, а также отдельных глав из непериодических документов (не более 20% от объема издания).

В проекте используются АРМ МБА/ЭДД, Сводный каталог периодики библиотек России, а также электронные каталоги 8 библиотек - участниц проекта, которые служат объединяющей основой для реализации процесса электронной доставки документов.

Сводный каталог периодики библиотек России (СКПБР) http://ucpr.arbicon.ru/ - это база библиографических описаний названий журналов и выпусков (номеров) журналов, дополненная сведениями о библиотеках-держателях. Информация о них формируется на основании представленных участниками проектов МАРС (Межрегиональная аналитическая роспись статей) и ЭДД сведений как о самой библиотеке, так и подписке периодических изданий. Очень большое внимание уделяется достоверности и оперативности этой информации, поэтому два раза в год проводится редактирование каждой библиотекой – участницей информации о действительном наличии всех выпусков журналов. Временной охват базы данных 2000–2012 гг.

Каждый участник проекта ЭДД зарегистрирован в базе данных, по итогам 2011 г. их количество насчитывает 177 организаций-участников, 13 пользователей и 13 кандидатов.

Работу в проекте ЭДД АРБИКОН обеспечивает АРМ (автоматизированное рабочее место) на базе АБИС «Руслан», предоставленный АРБИКОН. В число функций АРМ МБА/ЭДД входят в том числе:

- поиск заказов по различным параметрам, включающим элементы библиографического описания;
 - ввод, корректировка и удаление данных о заказе;
 - отслеживание статуса заказа;
- поиск держателя журнала, выбор заказчиком исполнителя с автоматической отправкой ему соответствующего оповещения, а также ввод информации о выполнении заказа;
- автоматическая рассылка по электронной почте оповещений о появлении нового заказа.

Технология заказа проста: источник сканируется, и электронная копия пересылается библиотеке-посреднику, читателю выдается только распечатка документа. Этап сканирования документа является наиболее трудоемким в процессе обработки заказа.

В проекте используются три способа доставки документов: по электронной почте, факсу и с помощью Web-технологии. Особой популярностью пользуется электронная почта и применение Web-технологии в случаях отправки/получения файлов больших размеров, особенно в библиотеках, имеющих проблемы с объемом трафиков электронной почты.

Срок выполнения заказа определен 1–3 днями. Реально почти половина заказов выполняется за 3 ч.

Все этапы по сбору информации и обслуживанию заказов выполняются в автоматизированном режиме. Созданная система является распределенной, ее компоненты реализованы в различных организациях, в различных городах. При создании системы максимально использовались Web-технологии, позволяющие пользователям не устанавливать дополнительное программное обеспечение, а получать доступ к сервисам системы через Интернет.

Организована служба сбора статистических сведений обо всех этапах выполнения заказов. Служба представляет сводный отчет по

всем участникам и по всем прошедшим через систему заказам (ежеквартально). Для каждой библиотеки-участника доступны ее статистические показатели за любой промежуток времени.

Аналогично реализована функция финансовых взаиморасчетов между библиотеками выполнения сервисных услуг. Стоимость предоставления 1 страницы определена 10 рублями, в срочном исполнении — 20 рублями. Следует особо подчеркнуть, что услуги ЭДД для конечного пользователя всегла бесплатны.

Статистика показывает, что услуги ЭДД с каждым годом пользуются все большей популярностью. В течение 2011 г. в систему ЭДД поступило 15515 заказов, оцифровано более 100 тыс. страниц, что более чем в 7 раз больше по сравнению с 2007 г. – годом образования проекта ЭДД в рамках АРБИКОН.

Научно-техническая библиотека ТПУ участвует в проекте ЭДД АРБИКОН с начала запуска проекта. В составе рабочей группы 4 сотрудника: руководитель — член координационного совета, куратор по обучению новых библиотек, сотрудник, отвечающий за отражение подписки, и 2 сотрудника, непосредственно выполняющих ЭДД. Всего в 2011 г. служба ЭДД НТБ ТПУ воспользовалась услугами 77 библиотек и оформила 81 заказ в рамках проекта.

Статистические показатели участия НТБ ТПУ в проекте ЭДД свидетельствуют о том, что данный сервис становится все более популярным в нашей библиотеке, количество заказов пользователей за пять прошедших лет увеличилось с 5 до 150, количество полученных страниц – с 30 до 774.

Накопленные богатейшие фонды периодических изданий позволяют расширять услуги ЭДД во всероссийском масштабе. Количество поступивших заказов из других библиотек выросло за аналогичный период с 23 до 365, оцифровка страниц – с 93 до 3073.

Таким образом, основная цель проекта — обеспечить пользователей актуальной информацией наиболее оперативно — достигнута, что повышает престиж библиотек и их роль в информационном мире. И по нашему мнению, дальнейшее расширение участников проекта ЭДД является перспективным и выгодным как для каждой библиотеки, так и для проекта в целом.

СЕКЦИЯ 14

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

Председатель — **Черепанов О.И.**, профессор каф. ЭСАУ, д.ф.-м.н., зам. председателя — **Шидловский В.С.**, доцент каф. ЭСАУ, к.т.н.

ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ЛАТЧИКОВ.

Ю.А. Алтухов, аспирант 2-го года обучения ИФПМ СО РАН; П.С. Любутин, мл. науч. сотрудник ЛПКМ ИФПМ СО РАН, к.т.н.; С.В. Панин, зав ЛПКМ ИФПМ СО РАН, д.т.н.

г. Томск, ИФПМ СО РАН, sokol88.dap@gmail.com

В литературе достаточно часто используют фрактальный анализ для получения оценки и количественной характеризации изображений. В данной работе авторы ставят задачу оценить влияние различных способов получения изображений на вычисляемое значение ФР как количественной характеристики объекта анализа.

Несмотря на многообразие способов оценки ФР, в настоящей работе было использовано лишь несколько распространенных методов [1]: а) треугольных призм; б) показателя Херста; в) структурной функции; г) изаритм.

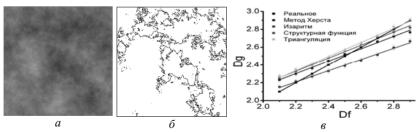


Рис. 1. Модельное изображение фрактальной поверхностей с $\Phi P D_f$, равной 2,5-a; $\delta-$ карта изаритм для изображения с ΦP , $D_f=2,5$; $\epsilon-$ сводный график зависимости рассчитанного значения ΦP от заданного при использовании методов: показателя Херста; изаритм; структурной функции; триангуляции; реальной ΦP

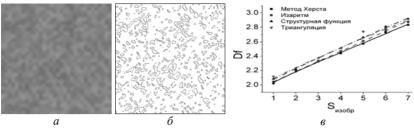


Рис. 2. Модельное нефрактальное изображение с амплитудой случайного сигнала 9,6% - a; δ – карта изаритм для изображения с амплитудой сигнала 9,6%; ϵ – графики изменения ФР, при расчете методами: показателя Херста, изаритм, структурной функции, триангуляции

Для проверки методов оценки ФР были сгенерированы модельные фрактальные изображения с заранее известной ФР, а также модельные нефрактальные изображения. Получение модельных фрактальных изображений производили по алгоритму смещения средней точки.

Из рис. 1, ε видно, что значения Φ P, рассчитанные каждым из способов, имеют подобный вид, а также идентичную тенденцию изменения: при малых величинах Φ P рассчитанные значения несколько выше реальной величины, в то время как при больших значениях они несколько меньше ее.

Из рис. 2, g видно, что для данного способа генерации модель-ных изображений график изменения значений ФР имеет фактически линейный вид, независимо от использованного метода расчета ФР. Более того, ФР изменяется практически во всем отведенном ей динамическом диапазоне $D_f = 2,1-2,9$. Таким образом, использованная методика генерации изображений в определенной степени подобна алгоритму создания модельных фрактальных поверхностей.

Для исследования методов оценки ФР на экспериментальных изображениях, полученных с применением различных датчиков, было взято 2 серии изображений. Первая серия состояла из экспериментальных электронно-микроскопических изображений поверхностей кремнистого железа FeSi. Вторая серия состояла из экспериментальных оптических изображений поверхностей алюминиевого сплава Д16AT.

Из рис. 3, ε видно, что характер изменения всех графиков является подобным: вблизи места разрушения величина ФР имеет минимальное значение $D_f = 2,7 \div 2,8$, а затем все кривые достигают максимума $D_f = 2,9 \div 2,95$ для изображений, характеризуемых наиболее гладкой поверхностью. В результате были протестированы несколько методов НЧ-фильтрации. Однако их использование хоть и приводило к заметному снижению величины ФР по уровню, но не изменяло характер

кривых ΦP (рис. 3, ∂). В качестве одного из подходов к решению данной проблемы было предложено использовать фильтр Собеля.

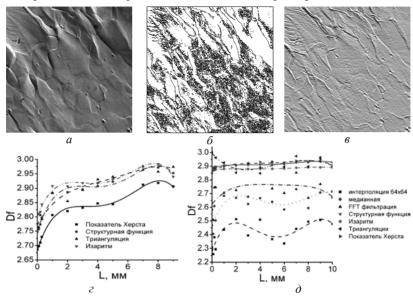
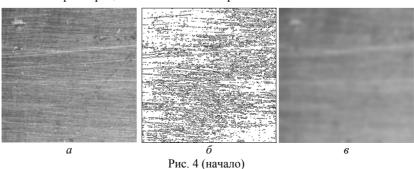


Рис. 3. РЭМ-изображения поверхности кремнистого железа — a; δ — карта изаритм; ϵ — изображение после применения фильтрации Собеля; ϵ — зависимость Φ Р от расстояния от места разрушения исходных изображений при расчете методами: показателя Херста, изаритм, структурной функции, триангуляции; δ — зависимость Φ Р от расстояния от места разрушения фильтрованных изображений при расчете методами: показателя Херста, изаритм, структурной функции, триангуляции (везде фильтрация Собеля), интерполяционной фильтрации, медианной фильтрации, фильтрации FFT

Подобно предыдущему подходу, были применены несколько способов НЧ-фильтрации оптических изображений.



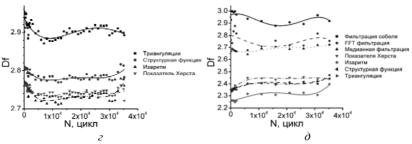


Рис. 4. (окончание). Оптическое изображение поверхности — a; δ — карта изаритм; e — изображение после фильтрации интерполированием; e — зависимость Φ P от расстояния от места разрушения исходных изображений при расчете методами: показателя Херста, изаритм, структурной функции, триангуляции; θ — зависимость Φ P от расстояния от места разрушения фильтрованных изображений при расчете методами: показателя Херста, изаритм, структурной функции, триангуляции (везде интерполяционная фильтрация), медианной фильтрации, фильтрации FFT, фильтрации Собеля

Характерные картины изображений, полученных при фильтрации интерполированием, приведены на рис. 4, ϵ , видно, что изображения стали менее резкими, что связано с отсутствием ВЧ-компонент. На рис. 4, ϵ видно, что наиболее эффективным методом фильтрации с позиции изменения характера кривой является интерполяционный.

Таким образом, ФР может быть количественной мерой рельефа поверхности, однако необходимо оценивать и максимально исключать влияние шумов на результаты расчета. Это планируется выполнять с использованием нелинейной фильтрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Русскин А.Б. Сравнительный анализ методов измерения фрактальной размерности // 11-я Междунар. конф. «Цифровая обработка сигналов и ее применение» (DSPA – 2009). М., 2009. Т. 1. С. 346–348.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ МЕТАЛЛОВ

А.Ю. Бектяшкин., Д.Н. Пантелеев, студенты каф. ФЭ Научный руководитель А.Г. Лунев, науч. сотр. ИФПМ СО РАН, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, Stivstyle@yandex.ru

Метод акустико-эмиссионного неразрушающего контроля основан на регистрации и последующей обработке параметров акустиче-

ских сигналов ультразвукового диапазона, сопровождающих локальную перестройку структуры материала, зарождение и развитие микрои макродефектов. Метод акустической эмиссии (АЭ) реализуется в процессе активного нагружения контролируемого объекта. Для проведения АЭ диагностики к объекту контроля должны быть приложены статические и/или динамические нагрузки повышением давления при гидравлических или пневматических испытаниях либо должны быть созданы поля напряжений механическим нагружением объекта.

Источники и механизмы регистрации акустической эмиссии

Источниками акустических сигналов при деформации металлов являются процессы аннигиляции дислокации, выход дислокаций на свободную поверхность, работа дислокационных источников, образование или захлопывание микроскопических скоплений дислокаций, отрыв дислокаций от примесных атмосфер и прорыв препятствий, торможение быстродвижущихся дислокаций, формирование полосы скольжения, зернограничное скольжение. Первенствующее значение в формировании акустических сигналов большой интенсивности имеют механизмы переходного излучения (выход дислокаций на поверхность, аннигиляция дислокаций, образование скоплений дислокаций), связанные с резким изменением скорости процесса. Так, рассмотрение закономерностей формирования импульсов АЭ и их спектральное разложение позволили утверждать, что формирование волнового пакета АЭ определяется испусканием упругих волн, сопутствующих ускоренному или замедленному движению дислокаций. Для возникновения эффекта АЭ необходимо высвобождение энергии, так, прорыв скопления дислокаций вызывает освобождение упругой энергии их взаимодействия и излучение упругих волн.

Механизм регистрации сигналов АЭ следующий (рис. 1).

Колебания распространяются от источника излучения к датчику (датчикам), где они преобразуются в электрические сигналы. АЭ-датчики регистрируют эти сигналы и отображают данные на экране в виде осциллограмм, локаций, цифровых индикаций, на основе которых оператор может оценить состояние и поведение структуры материала под напряжением, обнаружить и определить местонахождение дефектов.

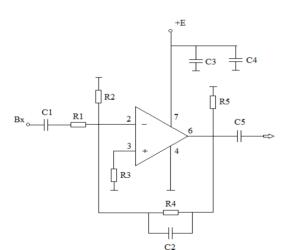
По зарегистрированному времени прихода сигнала ti на i-й приемник (датчик) системой определяется разность времени прихода T (T= t2 - t1) на разнесенные приемники. Затем, по известной скорости звука в материале и известным координатам приемников программой на компьютере вычисляются координаты источника (дефекта). Схемы расположения датчиков могут быть различными (рис. 2).



Рис. 1. Механизм регистрации сигналов АЭ: 1 — преобразователь АЭ (датчик 1); 2 — преобразователь АЭ (датчик 2); 3 — центральный блок сбора и обработки на базе индустриального компьютера; 4 — объект контроля (образец); t1 — время прихода сигнала на первый приемник; t2 — время прихода сигнала на второй приемник

Принципиальная электрическая схема датчика АЭ

Основной задачей проекта на данный момент является разработка датчиков регистрации АЭ для проведения последующих экспериментов, получения и обработки результатов. Для реализации метода акустической эмиссии был выбран операционный усилитель AD8008 —



высококачественный усилитель с обратной связью по току и ультранизкими искажениями и собственными шумами.

Рис. 2. Принципиальная электрическая схема датчика АЭ

В отличие от других высококачественных усилителей, этот имеет низкую стоимость и маленький ток покоя, что дает возможность использовать его в широком ряде устройств, также данный усилитель имеет ширину полосы пропускания 600 МГц при коэффициенте гармоник второго порядка минус 80 дБ на 20 МГц.

Назначение пассивных компонентов схемы следующее: конденсаторы C1 и C5 являются разделительными, резисторы R1 и R3 служат для дополнительной нагрузки на вход усилителя, остальные компоненты входят в схему обвязки по питанию.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ CUDA В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ

В.С. Елесин, аспирант 2-го курса, О.И. Черепанов, проф. каф. ЭСАУ, д.ф.-м. н. г. Томск, ТУСУР

Ученым часто приходится сталкиваться с трудными вычислительными задачами, будь то расчет полета космической ракеты, формы нового самолета или поведения нового лекарства. Так или иначе, такого рода задачи требуют большое количество вычислительных мощностей. До недавнего времени чаще всего такие задачи решались исключительно на вычислительных кластерах с большим количеством узлов. Однако в 2006 г. компания Nvidia анонсировала технологию CUDA, предназначенную для написания программ под графические адаптеры (ГА) производства Nvidia. Такой шаг позволил эффективно использовать графические адаптеры для научных расчетов, таким образом позволив значительно повысить производительность персональных компьютеров. Данное методическое пособие предназначено для изучения основ технологии CUDA, которая поможет оптимизировать множество научных задач для вычислений на графических адаптерах, что, в свою очередь, позволит значительно уменьшить время, затрачиваемое на расчеты при моделировании.

CUDA (сокр. от англ. Compute Unified Device Architecture, дословно – унифицированная вычислительная архитектура устройств) – архитектура (совокупность программных и аппаратных средств), позволяющая производить на GPU вычисления общего назначения, при этом GPU фактически выступает в роли мощного сопроцессора.

Технология NVIDIA CUDA^{ТМ} – это единственная среда разработки на языке программирования С, которая позволяет разработчикам создавать программное обеспечение для решения сложных вычислительных задач за меньшее время, благодаря многоядерной вычислительной мощности графических процессоров. В мире уже работают миллионы GPU с поддержкой CUDA, и тысячи программистов уже пользуются инструментами CUDA для ускорения приложений и для решения самых сложных ресурсоемких задач – от кодирования видео и

аудио до поисков нефти и газа, моделирования продуктов, вывода медицинских изображений и научных исследований.

Принципиальная разница между СРИ и GPU

Рассмотрим вкратце некоторые существенные отличия между областями и особенностями применений центрального процессора и видеокарты.

Возможности

СРU изначально приспособлен для решения задач общего плана и работает с произвольно адресуемой памятью. Программы на СРU могут обращаться напрямую к любым ячейкам линейной и однородной памяти

Для GPU это не так. В CUDA имеется целых 6 видов памяти. Читать можно из любой ячейки, доступной физически, но вот записывать – не во все ячейки. Причина заключается в том, что GPU в любом случае представляет собой специфическое устройство, предназначенное для конкретных целей. Это ограничение введено ради увеличения скорости работы определенных алгоритмов и снижения стоимости оборулования.

Быстродействие памяти

Извечная проблема большинства вычислительных систем заключена в том, что память работает медленнее процессора. Производители СРU решают ее путем введения кэшей. Наиболее часто используемые участки памяти помещается в сверхоперативную или кэш-память, работающую на частоте процессора. Это позволяет сэкономить время при обращении к наиболее часто используемым данным и загрузить процессор собственно вычислениями.

Заметим, что кэши для программиста фактически прозрачны. Как при чтении, так и при записи данные не попадают сразу в оперативную память, а проходят через кэши. Это позволяет, в частности, быстро считывать некоторое значение сразу же после записи [1].

На GPU (здесь подразумеваются видеокарты GF восьмой серии) кэши тоже есть, и они тоже важны, но этот механизм не такой мощный, как на CPU. Во-первых, кэшируются не все типы памяти, а вовторых, кэши работают только на чтение.

На GPU медленные обращения к памяти скрывают, используя параллельные вычисления. Пока одни задачи ждут данных, работают другие, готовые к вычислениям. Это один из основных принципов CUDA, позволяющих сильно поднять производительность системы в целом [2].

Возможности технологии:

1. Использование стандартного языка С для параллельной разработки приложений на GPU.

- 2. Специальный драйвер CUDA для вычислений с быстрой передачей данных между GPU и CPU.
- 3. Возможность взаимодействия драйвера CUDA с графическими драйверами OpenGL и DirectX.
 - 4. Поддержка распространенных операционных систем [3].

Благодаря внедрению в моделирование процессов перекачки жид-костей параллельных вычислений, можно получить весьма существенные ускорения в расчетах. Используя процессоры видеокарты, можно ускорить процесс расчета состояния вещества в десятки или даже сотни раз. В этом случае распараллеливанием отдельных блоков программы расчета состояния человек получает реальные ускорения в получении необходимой информации для мониторинга процесса перекачки и отработки возможных аварий. Благодаря возможностям СUDA все это стало доступно и удобно. Используя при создании систем обработки большого количества информации, требующей анализа полученных данных, параллельные вычисления с использованием GPU, разработчики получают реальные шансы создать более быструю, эффективную и оптимальную систему.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Касперский К.. Техника оптимизации программ. Эффективное использование памяти. CUDA Programming Guide 1.1. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 464 с.
 - 2. http://developer.download.nvidia.com/compute/cuda/1 1/NVIDI A CUDA
 - 3. МИРNVIDIA. Параллельные вычисления на GPU NVIDIA. 2010.

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ ДИАГНОСТИКИ ТОМСОНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ ДИВЕРТОРНОЙ ЗОНЫ ИТЭР

С.В. Иваненко¹, м.н.с.; Е.А. Пурыга¹, м.н.с.; А.А. Иванова², м.н.с. Научный руководитель А.Д. Хильченко, д.т.н.

¹г. Новосибирск, Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН ²Новосибирский государственный технический университет ivanenko.sveta@gmail.com

С 2010 г. в ИЯФ СО РАН ведутся работы над созданием системы регистрации данных диагностики томсоновского рассеяния для диверторной зоны международного экспериментального термоядерного токамака-реактора ИТЭР. Эта система призвана проводить измерения электронной температуры и плотности в широком диапазоне изменения параметров плазмы (плотность 10^{-13} – 10^{-16} см⁻³; температура 10–1000 эВ) с пространственным разрешением – единицы–доли милли-

метров. Система позволяет регистрировать сигналы рассеянных плазмой импульсов зондирующего лазерного излучения с длиной волны 1064 нм длительностью 3 нс, следующих с частотой от 100 Гц до 1 кГц. Аппаратной основой системы являются оригинальные широкополосные фотоприемники и сорок восемь синхронно работающих модулей регистрации. Последние включают в свой состав 12-разрядные АЦП, работающие с частотой дискретизации 2 ГГц, и цифровые узлы промежуточной потоковой обработки и накопления данных, построенные на основе FPGA (Field-Programmable Gate Array – конфигурируемая пользователем логическая матрица).

В качестве источника зондирующего излучения используется лазер на иттрий-алюминиевом гранате (Nd:YAG, λ = 1064 нм). Энергия зондирования $E = 1.5 \, \text{Дж}$, характерная длительность импульсов t=3 нс. Роль приборов, формирующих необходимый набор спектральных окон для каждой пространственной точки диагностики, выполняют дифракционные полихроматоры. Световые сигналы с выхода каждого спектрального окна преобразуются модулями фотоприемников, построенных на базе лавинных фотодиодов С30955 и S8890-15 и широкополосных трансимпедансных усилителей с малым уровнем собственных шумов, в электрические. С целью увеличения чувствительности фотодиодов на краю длинноволнового края поглощения Si был использован их прогрев до температуры +40 °C. Повышение температуры до указанного уровня позволило в 1,5 раза улучшить чувствительность фотодиодов при незначительном увеличении шумовой компоненты, обусловленной ростом темнового тока. В тракте стабилизации температуры фотодиода используется управляемый микроконтроллером блок нагревателя, а в качестве сенсора - платиновый резистор. Сигнал о текущих значениях температуры с этого резистора поступает на вход АЦП микроконтроллера и используется далее в контуре ее стабилизации в качестве сигнала обратной связи. Фотоприемные модули, помимо предварительного каскада, включают в себя несколько дополнительных широкополосных малошумящих каскадов усиления (ОУ АD8099) и выходной буфер с дифференциальными выходами (ADA4857).

Амплитудно-временные характеристики сигналов фотоприемников фиксируются системой регистрации, состоящей из восьми идентичных шестиканальных измерительных подсистем. Каждая подсистема фиксирует сигналы рассеянного излучения с выходов детекторов своего полихроматора, связанные с одной из пространственных точек диагностики. Традиционным подходом к построению тракта регистрации сигналов рассеяния является методика двойной коррелированной выборки, когда за равные промежутки времени интегрируется сигнал

рассеяния с постоянной составляющей, обусловленной собственным излучением плазмы, и, отдельно, постоянная составляющая этого сигнала. Искомый результат в этом случае вычисляется в виде разности вольт-секундных площадей под обоими сигналами после их оцифровки. Такой метод характерен для установок, где паразитная фоновая составляющая собственного излучения плазмы имеет спектр колебаний много меньше спектра колебаний полезного сигнала. Однако на установках, где спектр колебаний фоновой составляющей совпадает со спектром полезного сигнала, метод двойной коррелированной выборки является неэффективным, так как в этом случае значения постоянной составляющей на первом и втором интервалах интегрирования не будут идентичными. Не менее серьезным для этого случая является требование к стабильности интервала интегрирования, которое, при указанной длительности зондирующего импульса в 3 нс, должно соответствовать единицам пс. На сегодняшний момент добиться этого фактически невозможно. Поэтому в основу построения системы регистрации лег другой метод – метод прямой оцифровки сигнала рассеяния быстродействующими АЦП с большим амплитудно-динамическим диапазоном и использования процедур цифровой обработки данных для получения искомого результата.

В связи с отсутствием на рынке комплектующих кристаллов АЦП, удовлетворяющих заявленным требованиям по частоте дискретизации и разрядности, каждый канал системы регистрации был построен на базе четырех АЦП (ADS5463) с частотой дискретизации 500 МГц, включенных параллельно по отношению к входному сигналу и управляемых сдвинутыми по фазе синхроимпульсами. Для формирования этих синхроимпульсов используется микросхема AD9524, включающая в себя управляемый напряжением генератор (ГУН), охваченный петлей фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). За прием данных от АЦП и их дальнейшую обработку (отсечение паразитной фоновой составляющей, формирование из четырех сдвинутых по фазе потоков данных единого выходного потока), формирование режимов работы регистратора (страничного и непрерывного) ответствен цифровой узел, построенный на основе ресурсов программируемой логической матрицы (FPGA) серии Cyclon-3. Аналоговый тракт регистратора включает в свой состав буфер приемника сигнала детекторного узла, построенный на основе широкополосного дифференциального усилителя с отключаемыми выходами, и выходного буфера-размножителя сигнала, решающего задачу его передачи по дифференциальным полосковым линиям одинаковой длины на входы АЦП. В качестве вспомогательного в состав аналогового тракта включен формирователь тестового сигнала, используемый на этапе калибровки. Переключение тракта в режим калибровки производится по сигналу управления, формируемому программируемой матрицей. Режим калибровки позволяет: сформировать нормировочные коэффициенты, приводящие отсчеты АЦП к единому масштабу по амплитуде, проводить коррекцию положения нулевой линии АЦП, определять реальную длительность временных интервалов между соседними отсчетами регистратора. Выполнение этих процедур необходимо, поскольку каждый кристалл АЦП имеет индивидуальные отклонения как по амплитудному динамическому диапазону, так и по задержке опорных синхроимпульсов от среднего паспортного значения.

В качестве вспомогательных узлов в состав каждого канала подсистемы регистрации включены: буферное ЗУ объемом в 1 М отсчетов, контроллер этого ЗУ, интерполятор, позволяющий по отсчетам АЦП восстановить исходный сигнал с точностью 0,1%, но уже с эквивалентной частотой дискретизации в 5 раз больше реальной (10 ГГц), набор управляющих регистров и контроллер канала связи Ethernet-100. В настоящее время завершаются испытания опытных образцов данной системы

АДАПТИВНЫЙ ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТР

А.А. Иванова^{1,2}, аспирант; Е.А. Пурыга^{1,2}, м.н.с.; С.В. Иваненко², м.н.с.

Научный руководитель А.Д. Хильченко, доцент¹, зав. сектором²
¹Новосибирский государственный технический университет
²г. Новосибирск, Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН

Гамма-спектроскопия нашла широкое применение в научноисследовательских и прикладных задачах, развиваемых в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, таких как наблюдение динамики миграции примесей в плазме, контроль паразитного ү-излучения в рамках бор-нейтроннозахватной терапии рака, дистанционное обнаружение взрывчатки в грузовых контейнерах, определение состава пород в геологии и геофизике. Для решения этих задач необходимы у-спектрометры, обладающие:

- энергетическим разрешением (аппаратным, без учета энергетического разрешения сцинтиллятора) не хуже 3–4% в диапазоне энергий 0,01–10 МэВ;
- способностью разделения наложенных событий для получения высокой скорости счета ($\sim 10^6 10^7$ событий/с);

- способностью формирования спектров в режиме реального времени;
 - адаптивностью к различным видам сцинтиллятора.

Для решения этих задач был разработан одноканальный адаптивный гамма-спектрометр. В нем применен метод разделения наложенных событий, основанный на формировании короткого выходного импульса с амплитудой (площадью) пропорциональной энергии гамма-кванта.

На основе прототипа был разработан адаптивный двухканальный высокоскоростной гамма-спектрометр, в котором реализованы 4 алгоритма разделения наложенных событий: формирование квазигауссова импульса при помощи свертки с входным сигналом, трапецеидальный рекурсивный алгоритм, треугольный рекурсивный алгоритм и модифицированный сиѕр-алгоритм.

Сигнал сцинтилляционного детектора оцифровывается с частотой дискретизации 250 МГц 14-разрядным АЦП, а затем пропускается через один из алгоритмов разделения наложенных событий. Далее узлом выделения пиковых значений сигналов и автоинкрементным ЗУ формируется энергетический спектр у-квантов, который периодически (с частотой 1 Гц) передается через встроенный интерфейс (Ethernet-10/100) в вычислительную машину для отображения и анализа. Все цифровые узлы рассматриваемого спектрометра реализованы на базе программируемой логической матрицы (FPGA).

В анализаторе для увеличения скорости набора статистики до 10^7 событий в секунду, при сохранении высокой эффективности их регистрации и аппаратного энергетического разрешения на уровне 4%, использовано несколько специальных технических решений:

- на уровне детектора:
- о для питания динодов ФЭУ с наибольшим токопотреблением применена схема активной стабилизации напряжений;
 - о в сцинтиллятор встроен датчик температуры;
- на уровне цифрового узла, помимо преобразования входного сигнала в короткие импульсы, реализованы:
 - о узел отбора полезных событий;
 - о фиксатор пиковых значений амплитуды коротких импульсов;
- о контроллер АЦП, фиксирующего текущие значения температуры сцинтиллятора.

Помимо перечисленных элементов, в состав цифрового узла анализатора вошли: набор управляющих регистров, узел очистки инкрементных ЗУ.

Контроллер канала связи Ethernet-10/100 анализатора поддерживает процедуры информационного и командного обмена с удаленной

консолью оператора, строящейся на основе компьютера класса ІВМ РС. На его уровне реализован доступ к:

- регистрам управления анализатора, с помощью которых выбирается его текущий режим работы;
- регистрам, содержащим результаты измерений температуры сцинтиллятора и напряжения питания ФЭУ;
- буферному автоинкрементному 3У, содержащему результирующие энергетические спектры потока γ -квантов.

Аппаратная реализация в анализаторе энергетических спектров всех операций, связанных с фиксацией элементарных событий и их предварительной обработкой, позволила существенно сократить набор процедур, выполняемых прикладным программным обеспечением консольного компьютера. В число этих процедур входят:

- загрузка конфигурационных файлов в FPGA анализатора;
- загрузка регистров управления, позволяющих оперативно менять настройки прибора (дискриминатор верхнего и нижнего уровня, энергетическую шкалу (путем задания напряжения питания $\Phi \ni V$), определять границы энергетических окон;
- отображение накапливаемой спектральной информации в режиме on-line на экране компьютера с частотой обновления, заданной оператором;
- сохранение информации на жестком диске в виде текстового файла, содержащего интегральный спектр за интервал набора статистики.

В работе приводятся:

- описание функциональной схемы адаптивного двухканального высокоскоростного γ -спектрометра;
 - описание методов разделения наложенных событий;
 - результаты экспериментальной проверки ү-спектрометра.

АППРОКСИМАЦИЯ МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ АЛГЕБРАИЧЕСКИМИ ПОЛИНОМАМИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА НЕФТИ

И.В. Карпов, С.В. Соболев, магистранты 1-го курса г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, shadq@sibmail.com

z. 10mck, 13C31, kup. 11pD, snuaq@siomaii.com

При транспортировке нефти по трубопроводам всегда есть необходимость измерения её расхода, скорости её перекачки по тому или иному участку трубопровода, а также трубопроводу в целом, по которому перекачивается нефть. Существующие расходомеры дорого-

стоящие, сложны в эксплуатации и часто требуют чистки, ремонта и других профилактических работ по поддержанию их работоспособности. Поэтому расходомеры ставятся только на самых крупных нефтеперекачивающих станциях. Между тем для подсчета объёмов перекачиваемой нефти по участкам трубопроводов за тот или иной промежуток времени, контроля режима перекачки нефти по ним, а также для более оперативного выявления утечек нефти из трубопровода и решения других задач нужно измерять расход нефти на всех нефтеперекачивающих станциях. Поэтому создание прибора, работающего на основе метода косвенного измерения расхода нефти, является актуальной задачей. Одним из таких методов является метод, основанный на использовании мощностной характеристики насосного агрегата и измерении потребляемой им мощности. При этом мощностная характеристика должна быть аппроксимирована какими-либо простыми и хорошо изученными функциями.

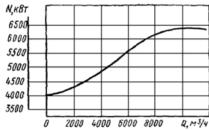


Рис. 1. Мощностная характеристика насоса НМ 10000-210

В данной статье рассматривается задача аппроксимации мощностной характеристики насосных агрегатов алгебраическими полиномами, являющимися наиболее простыми и достоверными для реализации функциями. Результаты её решения являются необходимой основой для создания методов косвенного измерения

расхода нефти с использованием мощностной характеристики насосных агрегатов и потребляемых ими мощностей.

Для решения задачи возьмем за основу график, описывающий зависимость потребляемой мощности от расхода нефти через насосный агрегат типа НМ 10000-210 (рис. 1). Данный график заимствован нами из работы [1].

На графике по оси ординат отложены значения мощности, измеряемой в киловаттах, а на оси абсцисс — значения расхода в кубических метрах в час. Для получения аппроксимации возьмём несколько точек при фиксированном шаге по расходу и составим таблицу из этих значений. Воспользовавшись программным пакетом MathCAD 13, выполним следующие основные этапы:

- 1. По выбранным точкам, взятым из мощностной характеристики (см. рис. 1), построим графики зависимости мощности от расхода.
 - 2. Аппроксимируем графики полиномами порядка от n=1 до n=5.

3. Определим средние квадратичные отклонения, средние отклонения по модулю и максимальные отклонения значений мощности, приведённых в таблице и полученных с применением построенных аппроксимирующих полиномов.

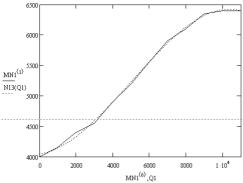


Рис. 2. Пример построения графика по точкам и его аппроксимация

Для описания зависимости мощности от расхода проведём аппроксимации при шаге по расходу в 1000 м³/ч, так как данный шаг занимает половину цены деления шкалы на рис. 1 (2000 м³/ч). Ниже приведена таблица значений расхода и мощности при данном шаге по расходу.

В качестве примера на рис. 2 приведен график, построенный по точкам из

табл. 1 (сплошная линия) и его аппроксимация полиномом 3-го порядка (пунктирная линия).

Таблица 1

Значения расхода и мощности при шаге по расходу 1000 м ² /ч												
Q, м ³ /ч	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000
<i>N</i> , кВт	4000	4150	4400	4550	4900	5200	5500	5900	6100	6350	6400	6400

В табл. 2 представлены средние квадратичные отклонения, средние отклонения по модулю и максимальные отклонения, характеризующие погрешности аппроксимации мощностной характеристики алгебраическими полиномами 1–5-го порядка.

Таблица 2 Значения средних квадратичных отклонений, средних отклонений по модулю и максимальных отклонений при построении аппроксимации зависимости мощности от расхода при порядках полинома

от 1 до 5 при шаге по расходу $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$

n	S2N, κBτ	SN, кВт	МП, кВт
1	146	129	261
2	142	120	319
3	34	29	72
4	31	26	60
5	26	22	42

В табл. 2 приняты следующие обозначения: S2N – среднее квадратичное отклонение мощности, SN – среднее отклонение мощности по модулю, MN – максимальное отклонение мощности.

Представленные результаты табл. 2 позволяют сделать следующие выводы:

- При увеличении порядка полинома значения отклонений в большинстве случаев уменьшаются.
- \bullet Таким образом, для аппроксимации зависимости мощности от расхода наиболее подходит полином пятого порядка при шаге по расходу $1000 \, \text{м}^3/\text{ч}$.

Данные результаты являются основой для разработки методов косвенного измерения расхода нефти и будут использованы нами на последующих этапах выполняемых исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Караев М.А., Азизов А.Г. Работа центробежных насосов на вязких жидкостях. Баку: АГНА, 2005. 175 с.

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

С.А. Кожевников, аспирант каф. ВСИБ

г. Барнаул, АлтГТУ, ФИТ, Lezard-87@mail.ru

Важным требованием к человеко-машинному интерфейсу информационно-измерительных приборов (например, различных мобильных и выносных модулей) является минимизация времени выполнения управляющих воздействий (например, операции задания уставок, параметров регулирования) при одновременной минимизации затрат на техническую реализацию интерфейса. При этом для одних систем наибольшее значение имеет минимизация времени выполнения таких воздействий, а для других — минимизация количества управляющих элементов системы и/или их стоимости [1].

Цель настоящей работы – определить наиболее оптимальный способ задания уставок в информационно-измерительных приборах.

Для достижения данной цели было разработано специализированное ПО для моделирования процесса задания параметров, состоящее из 4 программ-симуляторов. В этих программах реализуется некоторый алгоритм задания уставок. В каждую из программ включена подсистема, работающая по принципу KeyLogger и создающая логи, фик-

сирующие временную последовательность выполняемых оператором управляющих действий.

Для исследования были выбраны способы задания уставок, отличающихся числом кнопок и используемым алгоритмом.

1) Способ задания уставок, заключающийся в осуществлении последовательного выбора разрядов цифрового дисплея и изменении значения выбранного разряда. Для индикации выбранного для изменения разряда цифрового дисплея выбранный разряд выделяют курсором (мигающая цифра).

Две кнопки предназначены для выбора разряда цифрового дисплея (сдвиг курсора соответственно на один разряд влево и вправо); две другие кнопки предназначены соответственно для увеличения и уменьшения значения выбранного разряда на единицу.

- 2) Две кнопки предназначены для выбора разряда цифрового дисплея; третья кнопка предназначена для увеличения значения выбранного разряда на единицу.
- 3) Первая кнопка предназначена для перемещения курсора на один разряд влево относительно выбранного разряда в сторону старших разрядов, с переходом после последнего разряда на младший разряд. Каждым нажатием второй кнопки значение выбранного разряда увеличивают на единицу в цикле от 0 до 9 и далее по кругу.
- 4) При кратковременном нажатии первой кнопки продолжительностью T_1 мс курсор перемещают на один разряд влево относительно выбранного разряда в сторону старших разрядов, с дальнейшим переходом после последнего разряда на младший разряд. А при удержании кнопки продолжительностью более T_2 мс значение выбранного разряда через каждые T_3 мс увеличивают на единицу в цикле от 0 до 9 и далее по кругу. При кратковременном нажатии второй кнопки продолжительностью T_1 мс курсор перемещают на один разряд вправо относительно выбранного разряда. А при удержании кнопки продолжительностью более T_2 мс значение выбранного разряда через каждые T_3 мс уменьшают на единицу в цикле от 9 до 0.

Здесь T_1 , T_2 и T_3 являются параметрами алгоритма. Важно подобрать наиболее оптимальные значения этих параметров, так как при малых значениях параметров становится трудно установить нужное значение выбранного разряда из-за большой скорости как перебора значений в выбранном разряде, так и выбора позиции разряда, а слишком большие значения нецелесообразны, так как приводят к увеличению временных затрат.

Для сравнения способов был проведен эксперимент с использованием программ-симуляторов. В этом эксперименте приняли участие десять студентов технической специальности. Каждому испытуемому

предлагалось установить тридцать одних и тех же значений уставок (десять двухзначных, десять трехзначных и десять четырехзначных) с помощью описанных выше четырех программ-симуляторов. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Сформулируем гипотезы:

 H_0 — тенденция возрастания значений признака при переходе от группы к группе в последовательности 1-2-4-3 является случайной.

 H_1 — тенденция возрастания значений признака при переходе от группы к группе в последовательности 1-2-4-3 не является случайной.

Проводя вычисления эмпирического значения критерия [2], получаем $S_{\text{эмп}}=330$. В соответствии с таблицей критических значений S-критерия [2] эмпирическое значение критерия, равное 330, попало в зону значимости, следовательно, мы можем опровергнуть гипотезу H_0 и принять гипотезу H_1 .

Показатели суммарного времени задания тридцати значений уставок в секундах для разных способов их задания (групп)

Испытуемый	Способ 1	Способ 2	Способ 3	Способ 4
1	102,2	166,4	176,4	172,9
2	116,9	181,7	181,3	198,8
3	106,4	198,8	217,7	192,5
4	111,3	183,4	173,6	183,4
5	110,6	207,1	213,5	181,3
6	113,4	177,1	203,0	191,9
7	119,0	194,6	193,9	191,4
8	103,6	186,2	202,3	201,5
9	106,4	195,7	192,5	185,8
10	116,2	177,9	165,2	180,6
Суммарное значение времени по столбцу	1106,0	1868,9	1919,4	1880,1

Выволы:

- 1) Анализ экспериментальных результатов показал, что тенденция возрастания времени задания уставок при переходе от способа к способу в последовательности 1–2–4–3 не является случайной.
- 2) Анализ данных, полученных с помощью разработанного программного обеспечения, позволяет оптимизировать значения параметров алгоритмов, что приводит к сокращению времени задания уставок информационно-измерительных приборов.

Согласно результатам эксперимента, время реакции разных операторов на изменение значения в разряде составляет от 200 до 400 мс, что позволяет сделать вывод о том, что оптимальными значениями параметров T_1 , T_2 и T_3 алгоритма 4 являются значения 400 мс.

3) Для малогабаритных приборов, для которых очень важно минимизировать количество управляющих элементов, наиболее оптимальным является алгоритм 4, так как в нем в отличие от алгоритма 1 и 2, используется всего две кнопки, а в отличие от алгоритма 3 время задания уставки при его применении оказывается меньше в среднем на 0,4 с.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Акчурин Э.А. Человеко-машинное взаимодействие: учеб. пособие. М.: Солон-Пресс, 2008, 96 с.
- 2. Борисов Е.В. Формирование и математическая обработка данных в социологии: учеб. пособие. 1-е изд. Тверь: Изд-во ТГТУ, 2006. С. 60–62.

ИЗМЕРИТЕЛЬ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ С ФУНКЦИЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРА СИГНАЛА

И.Н. Насибуллин, студент 5-го курса каф. ФЭ Научный руководитель А.Г. Лунев, науч. сотр. ИФПМ СО РАН, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, ilya nasibullin@mail.ru

Одним из направлений научной деятельности лаборатории физики прочности Института физики прочности и материаловедения (ИФПМ СО РАН) являются ультразвуковые исследования, в связи с чем у сотрудников лаборатории периодически возникает необходимость разработки и создания датчиков акустических сигналов, основанных на пьезопреобразователях, и усилителей к ним. Это зачастую требует измерения амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) усилительных трактов активных фильтров и характеристик пьезопреобразователей. Ввиду отсутствия работоспособного промышленного измерителя АЧХ была поставлена задача разработки измерителя АЧХ на имеющихся в лаборатории микросхемах MAX038 и AVR ATMega 128. Разрабатываемое устройство рассчитано на полосу частот от 10 Гц до 10 МГц. Имеющиеся на рынке измерители АЧХ рассчитаны либо на СВЧ-диапазон, либо на диапазон частот до 1 МГц, что не позволяет использовать их для нужд лаборатории. Также преимуществом разрабатываемого устройства являются его компактность и информативность, так как результат измерений будет передаваться на персональный компьютер.

Разрабатываемый измеритель AЧX при доработке может быть дополнен функцией анализатора спектра для измерения нелинейных искажений и спектра акустической эмиссии при трибологических испытаниях (трение образца). Для реализации измерителя АЧХ на имеющихся микросхемах было решено разработать блок генератора качающейся частоты (ГКЧ). Принцип работы ГКЧ заключается в том, что на выходе генератора вырабатывается сигнал постоянной амплитуды, но изменяющейся со временем частоты. Генератор «прокачивает» через исследуемый четырехполюсник сигнал с определенным шагом частоты и с заданной выдержкой каждого шага. Далее сигнал с четырехполюсника пропускают через блок детектирования, на выходе которого можно наблюдать переходную характеристику исследуемого четырехполюсника. Принцип действия прибора показан на рис. 1.



Рис. 1. Принцип действия прибора

Для разработки устройства была составлена функциональная схема измерителя, отражающая принцип работы устройства и его основные блоки. Функциональная схема приведена на рис. 2.

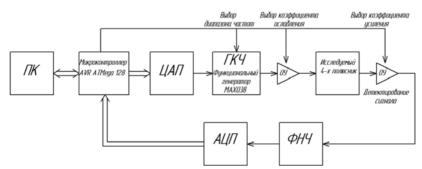


Рис. 2. Функциональная схема измерителя АЧХ

На данный момент разработаны функциональная и электрическая принципиальная схемы устройства. Для уменьшения влияния помех и наводок аналоговая и цифровая части устройства разнесены и реализованы отдельно на двух печатных платах. Для управления измерителем используется микроконтроллер AVR ATMega 128 фирмы Atmel. Составлена блок-схема программы управления, по которой был написан код программы на языке Assembler.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Винокуров В.И., Каплин С.И., Петелин И.Г. Электрорадиоизмерения: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1986.
 - 2. Мирский Г.Я. Электронные измерения. М.: Радио и связь, 1986.

КОСВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ПЕРЕКАЧИВАЕМОЙ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ НАСОСНЫЙ АГРЕГАТ

А.В. Плеханов, студент 4-го курса каф. ЭСАУ

Научный руководитель А. А. Светлаков, проф. г. Томск, ТУСУР, andreiplexanov@mail.ru

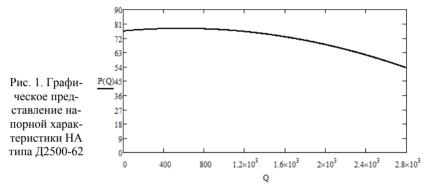
Одним из необходимых условий эффективной эксплуатации современных трубопроводов, предназначенных для перекачки различных жидкостей (воды, нефти, нефтепродуктов и т.п.) через насосный агрегат (НА), является знание значений расхода О перекачиваемой жидкости в тот или иной момент времени. Знание данных значений позволяет решать целый ряд задач, связанных с построением математических моделей и численным моделированием различных технологических процессов и оборудования трубопроводов, а также управления данными процессами и оборудованием в реальном масштабе времени и другие задачи. Однако чрезмерно высокая стоимость расходомеров перекачиваемых жидкостей не позволяет оснастить реальные трубопроводы достаточным количеством этих приборов. Следствием этой причины является и то, что расходомеры устанавливаются только на определенных участках трубопроводов и на больших расстояниях друг от друга. Такое размещение расходомеров жидкости приводит к недостаточности информации о расходах перекачиваемой жидкости через различные участки трубопроводов. Кроме высокой стоимости современным расходомерам присущи и такие недостатки, как недостаточно высокая надежность и сложность их в эксплуатации и т.п.. Перечисленные недостатки расходомеров обусловливают необходимость косвенного измерения расхода перекачиваемой жидкости через НА.

Как известно из теории и практики технических измерений, косвенным измерением той или иной физической, химической, экономической и т.п. величины принято называть ее измерение или, что то же самое, определение ее численного значения, основанное на использовании известной функциональной зависимости между значениями данной величины и значениями некоторой другой величины, доступной для непосредственных измерений. В нашем случае непосредственно и косвенно измеряемыми величинами являются соответственно давление P, развиваемое HA, и расход Q перекачиваемой жидкости

через НА. С точки зрения математического анализа напорная характеристика НА является не чем иным, как некоторой функцией, определяемой равенством вида

$$P = P(Q) . (1)$$

Типичный вид графического представления данной характеристики для НА типа Д2500-62 приведен на рис. 1. Аналогичный вид имеют и графики напорных характеристик всех других НА, выпускаемых отечественной промышленностью и используемых для технологического оснащения отечественных трубопроводов.



С точки зрения математического анализа и теории аппроксимации вещественных функций одного вещественного аргумента непрерывность и гладкость напорной характеристики НА означают, что ее можно сколь угодно точно аппроксимировать многими хорошо изученными и широко используемыми для аппроксимации вещественных функций одного вещественного аргумента простейшими функциями. Наиболее популярными примерами таких функций являются алгебраические и экспоненциальные полиномы, дробно-рациональные функции и др. Как известно из математического анализа, из упомянутых выше функций предельно просто устроенными и, соответственно, наиболее доступными для вычислений и аналитических исследований являются алгебраические полиномы. Как показали результаты экспериментальных исследований, вполне приемлемую точность аппроксимации напорных характеристик НА рассматриваемого типа можно получить еспи.

1) воспользоваться алгебраическим полиномом P(Q), определяемым равенством

$$P(Q) = c_0 + c_1 * Q + c_2 * Q^2,$$
 (2)

где c_0 , c_1 и c_2 — постоянные коэффициенты, не зависящие от расхода Q перекачиваемой жидкости через НА;

2) коэффициенты c_0 , c_1 и c_2 определять с помощью метода наименьших квадратов (МНК), используя при этом в качестве необходимых для его применения исходных данных численные значения Q_i и P_i , полученные путем оцифровки напорной характеристики НА, представленной на рис. 1.

Погрешность аппроксимации напорной характеристики НА полиномом (2) приведена в таблице.

Результаты эксперимента

P_{θ}	Q_0	Q [']	ΔQ	δ
71	1866,36	1836,68	29,68	1,59
68	2062,03	2085,18	23,15	1,122
65	2285,36	2318,34	32,64	1,443
62	2500	2500,45	0,45	0,018
59	2618,12	2676,12	58	2,21

В данной таблице приняты обозначения: P_0 — заданное значение давления, Q_0 — истинное значение расхода, Q' — вычисленное значение расхода, ΔQ — абсолютная погрешность, δ — относительная погрешность.

Анализируя таблицу, видно, что максимальное численное значение абсолютной и относительной погрешностей не превышает 58 и 2,21. Таким образом, полученная аппроксимация напорной характеристики вполне пригодна для разработки методов косвенного измерения расхода перекачиваемой жидкости.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МОЩНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР GAN И GAINN

И.Б. Полукеев, магистрант каф. ФЭ

г. Томск, ТУСУР, polukeev.i@yandex.ru

В настоящее время наметилась тенденция перехода на энергосберегающие источники освещения. Уже с начала 2011 г. перестали выпускаться лампы накаливания 100 Вт и выше. На смену лампам накаливания приходят галогенные лампы, люминесцентные лампы, ртутные лампы высокого давления, светоизлучающие диоды и т.д. В 2011 г. ОАО «НИИПП» начал совместно с ТГУ, ТПУ и ТУСУРом работу по проекту «Разработка высокоэффективных и надежных полупроводни-

ковых источников света и светотехнических устройств и организация их серийного производства», финансируемых согласно Постановлению МинОбрнауки № 218.

В рамках этого проекта проводится работа по созданию базовой несущей конструкции (БНК) для изготовления светоизлучающих матриц видимого диапазона. Предполагается разработать технологию изготовления материала для печатных плат с металлической основой (МРСВ). Конструкция представляет собой металлическую основу (дюралюминий, медь), на которую наносится тонкий диэлектрический слой, поверх которого приклеивается медная фольга. Очевидно, что тепловое сопротивление излучающего элемента на такой конструкции будет определяться, в первую очередь, теплопроводностью диэлектрического слоя. В данной работе предоставлены результаты измерения теплового сопротивления СИД кристаллов и описана методика проведения измерений с использованием установки (рис. 1) для измерения теплового сопротивления (УТС).

Установка для измерения теплового сопротивления полупроводниковых источников света (далее УТС) предназначена для измерения теплового сопротивления p-n-переход — внешняя среда.

УТС является автоматическим прибором, состоящим из электронного блока, измерительной ячейки, преобразователя интерфейса RS485/RS232 (далее буфер) и компьютерной программы.

Установка выполнена в корпусах, предназначенных для размещения на лабораторном столе. Степень защиты от попадания внутрь посторонних тел и воды IP20 согласно ГОСТ 14254–96.

УТС является работоспособной при температуре, относительной влажности окружающей среды и атмосферном давлении, находящихся в пределах нормальных значений климатических факторов согласно ГОСТ 15150–69, климатического исполнения УХЛ 4.2. При этом рабочая температура от +5 до +40 $^{\circ}$ С и влажность воздуха не более 80% при температуре +25 $^{\circ}$ С.

Измерение теплового сопротивления

При получении сигнала с компьютера электронный блок включает вентилятор, подает на исследуемый светодиод заданный греющий ток $(I_{\rm r})$ и осуществляет постоянное измерение температуры рабочего столика. При установке постоянной температуры на рабочем столике осуществляется измерение напряжения на светодиоде. В компьютер посылается измеренная температура рабочего столика (T_1) и напряжение при греющем токе $(U_{\rm r})$.

Производится быстрое переключение с греющего тока на измерительный. Время переключения менее 100 нс. Через 1 мкс, с интервалом 1 мкс, производится 5 измерений напряжения на светодиоде. Предпо-

лагая экспоненциальный закон остывания p–n-перехода, экстраполируется напряжение к $U(\tau_3=0)$. Это рассчитанное значение принимается за истинное.

Выключается вентилятор. Через светодиод подается измерительный ток. Включается калорифер. При нагреве светодиода постоянно измеряется напряжение на светодиоде. При $U=U(\tau_3=0)$ измеряется и передается в компьютер температура рабочего столика (T_2) . Калорифер выключается. Цикл измерения закончен.



Рис. 1. Установка для измерения теплового сопротивления полупроводниковых источников света (УТС):

1 — электронный блок;
2 — измерительная ячейка;

3 — буфер

Компьютер вычисляет тепловое сопротивление по формуле

$$R_T = \frac{T_2 = T_1}{I_{\Gamma} \cdot U_{\Gamma} - P_{\mathcal{W}}} \; ,$$

где R_T – тепловое сопротивление p–n-переход – внешняя среда; $P_{\rm M}$ – мощность излучения светодиода.

Весь процесс измерения проводится автоматически по заданному алгоритму. Необходимые для расчета теплового сопротивления параметры, по мере их измерения, отображаются в соответствующих ячейках (рис. 2). Мощность излучения выдается из расчета 25% от потребляемой.

	іка Работа		In a	In.	lu a	I	ls.	
Связь	Температура, град	Ток, мА	Вырубка	Вентилятор	Мощность, %	шим	Bt	емя
_	30.85	2	Выкл	Вкл	0	0	15	5:53
Γŗ	реющий ток, мА	<u>350</u> <u></u>		-	Пуск		Ст	оп
	атура столика, град ение на светодиоде, В	20.36			Коды АЦП			
Мощнос	ть потребляемая, Вт	1.16	Ток	2071	2071 20)70	2071	2069
Темпера	атура р∙п перехода, гр	ад 35.35	Нагрев	2070	2069 20	070	2070	2070
	Мощность излу	JOHNA MP	r 291 💠	Ввод	Вентиля	тор		

Рис. 2. Окно измерения теплового сопротивления после окончания измерений

Данная установка является опытным образцом и в настоящее время проходит полный курс тестирования на выявление погрешностей и не точностей в измерениях.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ЭКСПРЕССНОГО ИЗМЕРЕНИЯ КАЧЕСТВА БЕНЗИНА

С.А. Поляков, М.А. Волков, Б.Р. Иванов г. Орел, Академия ФСО России, fmulsu@gmail.com

При контроле качества бензина диэлькометрическим способом возникает проблема оптимального выбора измерительного преобразователя [1]. В общем случае одной из основных задач измерительного преобразователя является выделение из множества параметров измеряемой среды искомой измеряемой величины, тогда к конкретному измерительному преобразователю применяется ряд специфических требований, выполнение которых позволит осуществить измерение неизвестной величины с минимальной погрешностью [2]:

- 1) минимальная зависимость измеряемой величины от внешних условий;
 - 2) минимальное влияние преобразователя на измеряемую среду.

С учетом того, что бензин как среда представляет собой сложную смесь углеводородов и различных присадок, следовательно, при экспрессном его измерении основными параметрами, которые в полной мере его характеризуют, являются величина диэлектрической проницаемости и электрической проводимости. Так как диэлектрическая проницаемость бензина зависит от частоты измерения и с ее увеличением она сложным способом уменьшается, то измерение данной величины необходимо производить на некой эталонной частоте [3]. Кроме того, в предлагаемом способе определения октанового числа топлива предлагается учитывать отклонение диэлектрической проницаемости с учетом температуры топлива. Рассмотрим основные подходы к построению емкостного преобразователя.

Классический емкостный преобразователь представляет собой плоский конденсатор, измеряемая среда в котором помещается между его пластинами (рис. 1).

Однако для данного вида преобразователя существуют определенные существенные недостатки:

1) электрическое поле, существующее между обкладками конденсатора, искривляется на краях конденсатора (краевой эффект) при ко-

нечных размерах пластин конденсатора, что вносит погрешность в результат измерения;

2) отсутствие защиты от воздействия наводок.

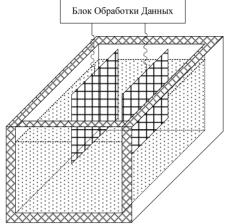


Рис. 1. Классический емкостный преобразователь

Наиболее приемлемым преобразователем для измерения качества бензина следует считать преобразователь, основанный на цилиндрическом конденсаторе. Схематически предлагаемый преобразователь представлен на рис. 2.

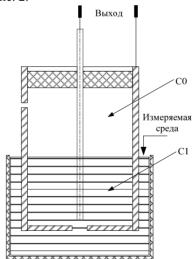


Рис. 2.Схематический вид преобразователя на цилиндрическом конденсаторе

Преобразователь состоит из двух параллельно соединенных конденсаторов: конденсатор C_1 — образованный частью электродов и диэлектриком (жидкостью), конденсатор C_0 — оставшейся частью электродов и диэлектриком (воздухом). Емкость преобразователя можно высчитать по формуле

$$C = C_0 + C_1 = \left[l_{\varepsilon} + (l_0 - l)\varepsilon_0\right] \frac{2\pi}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)},$$

где l_0 — полная длина цилиндра, l — длина на которую цилиндр заполнен жидкостью, ε — диэлектрическая проницаемость жидкости, R_2 и R_1 — соответственно радиусы внешнего и внутреннего цилиндра.

Как видно из выражения, измеряемая емкость не зависит от расстояния до дна и геометрических размеров емкости с топливом, а определяется только геометрическими размерами самого датчика. Следовательно, использование преобразователя подобного типа позволит осуществлять экспресс-измерение параметров топлива, которое находится в любых емкостях.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Заявка на патент «Устройство измерения октанового числа бензинов» от 08.02.2011 г.
- 2. Скворцов Б.В., Конюхов Н.Е., Астапов В.Н. Приборы и системы контроля качества углеводородных топлив. М.: Энергоатомиздат, 2000. С. 287.
- 3. Астапов В.Н. Методологические и схемотехнические решения в системах контроля и управления на нефтеперерабатывающем производстве. М.: Изд-во СНЦ РАН, 2006. 100 с.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ РЕГИСТРАТОРОВ ADC12500

Е.А. Пурыга, м.н.с.; А.А. Иванова, с.л.; С.В. Иваненко, м.н.с.

Научный руководитель А.Д. Хильченко, д. т.н.

г. Новосибирск, Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, e.a.puriga@gmail.com

В ИЯФ СО РАН на установках ГОЛ-3 и ГДЛ проводятся исследования по программе УТС. На установке ГОЛ-3 нагрев плазмы производится мощным релятивистским электронным пучком. Цель эксперимента — изучение динамики взаимодействия этого пучка с плазмой. Интерес представляет характер поведения температуры плазмы в пространстве и во времени — как на интервале нагрева плазмы электронным пучком, так и на стадии удержания горячей плазмы в магнитной

ловушке. Осложняющим фактором в случае установки ГОЛ-3 является то, что при проведении измерений на стадии нагрева плазмы релятивистским электронным пучком яркость свечения плазмы резко возрастает. Вследствие этого осциллограмма рассеянного сигнала помимо полезной составляющей содержит фоновую составляющую, с относительно большой амплитудой и высокочастотными колебаниями, вызванную собственным свечением плазмы. Этот факт не позволяет применить традиционную методику регистрации сигнала, основанную на А-Ц преобразовании с предварительным интегрированием сигналов. Замена этой методики на цифровую осциллографическую, дополненную цифровыми методами обработки данных, привела к созданию измерительного комплекса, включающего в свой состав в качестве базовых элементов:

- Модули фотоприемников, обеспечивающие регистрацию рассеянного сигнала слабой интенсивности и его преобразование в электрический сигнал.
- Быстродействующие модули регистрации, построенные на основе 12-разрядных АЦП с предельным значением частоты дискретизации 500 МГп.
- 8-канальные сетевые адаптеры, сопрягающе встроенные в фотоприемники узлы управления и контроля, реализованные на базе микроконтроллеров, с каналом связи Ethernet-10/100.
- Модуль синхронизации, формирующий синхроимпульсы, задающие частоту дискретизации АЦП модулей регистрации.
- Коммутатор каналов связи Ethernet-10/100/1000, с помощью которого все периферийные модули измерительного комплекса сопрягаются с сервером диагностики.

Каждый модуль фотоприемника включает в себя фотодиодный узел, управляемый DC-DC преобразователь, формирующий напряжение смещения фотодиода, необходимое для получения заданного оператором диагностики коэффициента усиления в лавинном режиме работы, усилитель выходного сигнала фотодиода и микроконтроллер. Встроенные в микроконтроллер ЦАП и АЦП используются для управления DC-DC преобразователем, контроля его выходного напряжения, температуры и темнового тока фотодиода. Прикладное программное обеспечение микроконтроллера обеспечивает периодическую передачу через вспомогательный модуль адаптера отсчетов АЦП серверу диагностики и использует эти данные для замыкания петли обратной связи, стабилизирующей коэффициент усиления фотодиода на заданном оператором уровне. Регулирующим параметром контура обратной связи служит напряжение смещения фотодиода. Построенный таким обра-

зом модуль фотоприемника имеет в полосе частот от 150 КГц до 50 МГц максимальное значение амплитуды выходного сигнала более 3 В, среднеквадратичное значение шумовой компоненты на уровне милливольта, диапазон перестройки коэффициента передачи — более 100, характерную длительность выходного импульса — около 20 нс (при той же длительности зондирующего сигнала).

Широкий динамический диапазон изменения сигналов на выходах фотоприемников и их малая длительность предопределили необходимость оснащения диагностики регистраторами, обладающими адекватными техническими характеристиками. Решить эту техническую проблему помогла разработка двухканальных приборов, построенных на основе 12-разрядных АЦП с максимальным значением частоты дискретизации 500 МГц и полосой рабочих частот измерительного тракта 0–150 МГц. В этой полосе частот регистраторы имеют динамическую погрешность не более 1,5 единицы младшего разряда. Они включают в свой состав узлы цифровой потоковой обработки отсчетов АЦП в режиме реального времени, буферные ЗУ, позволяющие фиксировать до 3×10⁶ отсчетов АЦП в каждом измерительном тракте, а также контроллер канала связи Ethernet-10/100.

Для обеспечения синхронной работы всех регистрирующих модулей был разработан модуль синхронизаций, обеспечивающий генерацию 50 МГц частоты (со значением апертурной неопределенности не более нескольких пикосекунд) и импульса запуска для восьми модулей регистраций.

На данный момент разработанная система регистрации успешно работает на установке ГОЛ-3 в течение нескольких месяцев. И в ближайшее время будет также установлена на установке ГДЛ.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ВЕКТОРНЫХ ПОЛЕЙ

В.В. Титков, аспирант; П.С. Любутин, м.н.с, к.т.н. Научный руководитель С.В. Панин, доцент, д.т.н. г. Томск, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Лаборатория полимерных композиционных материалов, titkov.vladimir@gmail.com

Оптико-телевизионный метод является одним из наиболее перспективных подходов для изучения процессов деформации и разрушения структурно-неоднородных материалов. В основе принципа его действия лежит построение векторов перемещений, основанное на определении оптического потока, с последующим расчетом компонент

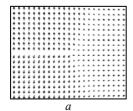
деформации, реализуемых с использованием процедуры численного дифференцирования [1, 2].

При обработке экспериментальных данных зачастую возникают ошибки в определении перемещении, связанных с наличием шумов на изображениях, низким качеством подготовки поверхности и т.п., что, в свою очередь, обусловливает появление ошибок в оценке деформации. Решение указанной проблемы может быть получено несколькими способами, в частности, с использованием сложных алгоритмов построения векторных полей [1, 3, 4], а также с привлечением методов их фильтрации.

В данной работе проводилось исследование нескольких методов фильтрации путем обработки модельных векторных полей с целью выявления фильтра, обеспечивающего максимальную ее эффективность. Численные эксперименты проводились при различных параметрах зашумления векторных полей, а оценка эффективности фильтрации проводилась путем анализа как векторных полей, так и поля интенсивности деформаций сдвига (ИДС).

Одной из наиболее распространенных картин распределения деформации и разрушения при усталостных испытаниях является распространение трещины (рис. 1, *a*). Использованная модель усталостной трещины описана в ранее опубликованной работе [3].

Построение векторного поля производится путем обработки оптических изображений поверхности материала, на которых неизбежно присутствуют шумы, которые, в свою очередь, «переносятся» и на векторное поле. Данный шум может быть аппроксимирован распределением Гаусса. Существует несколько технических приемов моделирования этого распределения [5], в частности метод полярных координат, который был использован в настоящей работе. В основе метода лежит преобразование последовательности случайных чисел с равномерным распределением в последовательность чисел с нормальным распределением (распределением Гаусса). Пример зашумленного векторного поля приведен на рис. $1, \delta$.



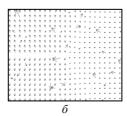


Рис. 1. Примеры модельных векторных полей: a – исходное; δ – зашумленное; $p_{\rm m}$ = 50%, $A_{\rm m}$ = 0,5

В работе [4] отмечено, что составляющие многомерных сигналов обычно коррелированы, а различные линейные и нелинейные алгоритмы [6], используемые для фильтрации одномерных сигналов, не учитывают эту корреляцию.

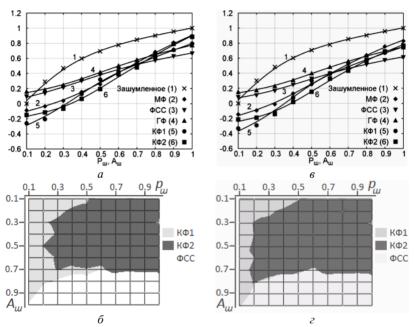


Рис. 2. Графики (a, e) и поля минимальных значений СКО (δ, e) , рассчитанные для полей векторов перемещений (a, δ) , полей ИДС (e, e); при изменении параметров зашумления: p_{uv} – от 0,1 до 1, A_{uv} – от 0,1 до 1, с шагом 0,1

В [4] для фильтрации двумерных векторных данных проведено сопоставительное сравнение пяти векторных фильтров: медианного (МФ); скользящего среднего (ССФ); комбинированного 1-го типа (КФ1); комбинированного 2-го типа (КФ2); гибридного (ГФ). Показано, что комбинированные фильтры дают наилучшую эффективность фильтрации. Поскольку исходные данные в оптическом методе измерения деформации (DIC) также имеют векторный формат, авторы позволили себе воспользоваться описанными в работе [4] методами и провести сравнительный анализ эффективности их использования при обработке векторных полей с целью измерения деформации.

Процедура проведения исследований с использованием модельных векторных полей представляет несколько этапов: моделирование

векторного поля; моделирование и наложение шума на векторное поле; фильтрация векторного поля; измерение СКО векторного поля и поля ИДС.

По рассчитанным значениям СКО построены поверхности минимальных значений СКО (рис. 2). Видно, что КФ2 имеет наименьшие значения СКО среди всех фильтров почти на всем диапазоне $p_{\rm m}$, $A_{\rm m}$, а значит, в качестве более универсального фильтра для обработки экспериментальных данных предлагается использовать КФ2. Данное заключение согласуется с результатами исследований, описанными в работе [4].

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Sutton M.A., Cheng M.Q., Peters W.H. et all. R. Application of an optimized digital correlation method to planar deformation analysis. // Image and vision computing. 1986. Vol. 4, № 3. P. 143–151.
- 2. Панин С.В., Сырямкин В.И., Любутин П.С. Оценка деформации твердых тел по изображениям поверхности // Автометрия. 2005. Т. 41, №2. С. 44–58.
- 3. Панин С.В., Любутин П.С. Верификация метода оценки деформации на мезоуровне, основанного на построении полей векторов перемещений участков поверхности // Физическая мезомеханика. 2005. Т. 8, №2. С. 69–80.
- 4. Воскобойников Ю.Е., Белявцев В.Г. Нелинейные алгоритмы фильтрации векторных сигналов // Автометрия. 1999. №5. С. 97.
- 5. Кнут Д.Э. Искусство программирования: учеб. пособие. М.: Вильямс, 2000. Т. 2. 832 с.
- 6. Хуанг Т.С. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений. М.: Радио и связь, 1984.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИБОРОВ ОПТО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

И.П. Васильев, А.М. Лопатько, студенты 5-го курса Научный руководитель В.Н. Давыдов, проф., д.ф.-м.н. г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, priem@main.tusur.ru

При разработке приборов микро- и оптоэлектроники необходим контроль параметров изготавливаемых полупроводниковых приборов и структур с помощью набора измерительных методик. К таким методикам можно отнести вольт-амперную характеристику (ВАХ), вольтфарадную характеристику (ВФХ), полевые и частотные зависимости фотоэлектрических и шумовых параметров. Дополнение автоматизации измерений программами обработки их результатов позволяет поднять качество автоматизированных экспериментов [1].

Описание аналогового модуля

В данной работе сообщается о разработке аппаратно-программного комплекса (далее АПК), реализующего указанные выше методики на современном уровне проектирования и изготовления с применением элементной базы мировых производителей. В основе структуры АПК лежит (как функционально, так и геометрически) блочная идеология, что в сочетании с управлением системой коммутации между измерителями обеспечивает программо-управляемое комбинирование используемых методик.

На рис. 1 представлена блок-схема коммутации отдельных функциональных узлов аналогового модуля АПК между собой при выборе измерительной методики. Управление выбором того или иного измерителя, а также режимами работы измерителей осуществляется с ЭВМ путем фиксации на выходном регистре соответствующего двоичного слова, напряжение высокого уровня которого (порядка пяти вольт) позволяет открыть маломощный транзистор, открытый коллекторно-эмиттерный переход которого активирует одно из 11 реле модуля. Таблица двоичных кодов, необходимых на выходном регистре ЭВМ для включения нужного измерителя, представлена ниже.

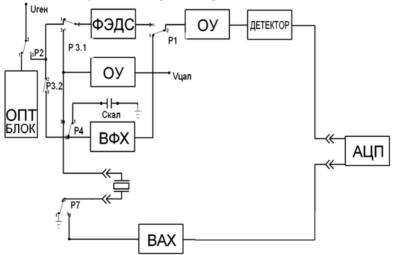


Рис. 1. Блок-схема аналогового модуля АПК

В данной таблице не указаны реле, управляющие режимами работы измерителей, состояние которых (реле) во время снятия той или иной характеристики может изменяться. Например, реле P11 (блок BAX) позволяет зафиксировать отрицательную часть характеристики

(необходимость такого узла связана с тем, что АЦП цифрового модуля АПК «понимает» лишь положительное напряжение 0–5 В).

Коды активации измерителей

Реле- измеритель	P1	P2	Р3	P4	P7
ФЭДС	1	0	1	0	0
ВФХ изм.	0	1	1	1	0
Калибр.	0	1	1	0	0
BAX	X	0	X	0	1

Включение в цепь обмотки реле светодиодов позволило сделать контроль работы измерителей более наглядным и автономной от ЭВМ систему контроля работы АПК.

Один из вариантов физической реализации аналогового модуля представлен на рис. 2.

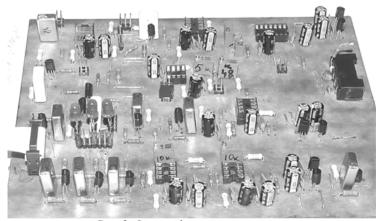


Рис. 2. Фотография готового модуля

Как видно из рисунка, в монтажной реализации сохранена блочность структуры модуля, что позволило значительно облегчить как отладку, так и настройку измерителей модуля.

Заключение

Использование современной элементной базы и технологии печатного монтажа позволило реализовать в готовом модуле ранее заявленные эксплуатационные качества:

- диапазон измеряемых емкостей составляет $(0.5 \div 4.10^3)$ пФ;
- диапазон измеряемого тока составляет $(10 \div 6 \cdot 10^5)$ пА;

- при этом точность данных измерений не хуже 1%;
- диапазон постоянного напряжения может меняться от -10 до $10~\mathrm{B}$ с шагом $50~\mathrm{mB}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Войцеховский А.В., Давыдов В.Н. Фотоэлектрические МДП-структуры из узкозонных полупроводников. М.: Радио и связь, 1990. 328 с.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗОНЫ НАБЛЮДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЦЕНКИ ВИДЕОРЯДА

В.О. Чемезов, студент; В.В. Щербаков, аспирант Научный руководитель И.В. Шакиров, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, каф. ЭСАУ, vpointc@rambler.ru

В последние годы трёхмерное изображение местности с точной координатной привязкой характерных объектов и целей становится необходимой основой планирования авиационных операций. Также исследования Всемирного фонда безопасности показывают, что 75% аварий самолётов при заходе на посадку и посадке происходят в аэропортах, где недоступны или отсутствуют приборы точного захода на посадку в условиях плохой видимости. В связи с этим выигрыш от использования «виртуальных» трехмерных представлений заключается в максимальной наглядности геопространственных данных и совершенно новых интерактивных информационных возможностях, которые обеспечивают компьютерные технологии машинной графики по сравнению с обычными бумажными картами и схемами.

Помимо этого, рассматриваемые технологии реконструкции поверхностей и обнаружения трёхмерных структур применяются для создания высокоточных метрических геопространственных данных при навигации беспилотных транспортных средств, для точной координатной привязки и при создании реалистических авиационных тренажеров нового поколения.

В работе рассмотрены наиболее важные методы и алгоритмы, позволяющие провести необходимые вычисления с требуемой точностью. Набор таких методов, алгоритмов и программных средств построения трехмерного описания сцены и методов обнаружения объектов позволяет создать автоматизированные средства обработки данных для построения «виртуальных» моделей реальных территорий.

Для решения задач реконструкции поверхностей и обнаружения трёхмерных структур предложен вычислительно эффективный метод поиска соответствующих (сопряженных) точек стереопары изображе-

ний трёхмерной сцены с учётом априорной информации об их приблизительном положении. Особенность метода стереоотождествления заключается в том, что соответствующие точки находятся с максимальной (субпиксельной) точностью и снабжаются коэффициентом надежности стереоотождествления. Алгоритм состоит из следующих этапов:

- 1) выбор наиболее информативных участков изображений;
- 2) стереоотождествление с пиксельной точностью;
- 3) стереоотождествление с субпиксельной точностью (субпиксельное уточнение) [1].

Выделение опорных точек

Выделим на образце некие ключевые точки и небольшие участки вокруг них. Ключевой точкой будем считать такую точку, которая имеет некие признаки, существенно отличающие ее от основной массы точек. Например, края линий, небольшие круги, резкие перепады освещенности, углы и т.д. Предполагая, что ключевые точки присутствуют на образце всегда, то поиск образца сводится к поиску его ключевых точек на сцене. А поскольку они сильно отличаются от основной массы точек, то их число будет существенно меньше, чем общее число точек образца [2].



Рис. 1. Пример определения образца на сцене

Реконструкция трехмерной сцены

К настоящему времени разработано большое количество различных алгоритмов и подходов к задаче реконструкции трехмерных сцен по набору цифровых изображений. Эти подходы базируются на различных физических принципах и математических методах и имеют различные диапазоны применимости. Кроме того, алгоритмы в раз-

личной степени требуют наличия тех или иных априорных данных о восстанавливаемой сцене или о параметрах камер. К примеру, восстановление трехмерной сцены по стереопаре способно дать качественный результат и восстановить трехмерный образ практически для всех точек исходного изображения, однако требует высокой точности калибровки камер стереопары.

В отличие от алгоритмов реконструкции трехмерных сцен по стереопаре, алгоритмы, основанные на факторизации матриц, не требуют априорных данных ни о камерах, ни о форме сцены, но нуждаются в достаточно большой (не менее ~20) последовательности кадров и в выделении на всей этой последовательности набора так называемых характеристических отметок, что является отдельной задачей, изучаемой и решаемой в области компьютерного зрения.

Таким образом, наиболее разумным представляется комбинирование различных подходов. Алгоритмы, основанные на факторизации матриц, способны предоставить необходимую информацию, такую как трехмерные координаты камер, их ориентацию в пространстве и точность, с которой эти величины известны, а также координаты и точность некоторых точек трехмерной сцены для работы алгоритмов, дающих плотную реконструкцию поверхности сцены (для каждого пикселя изображения), к примеру, для восстановления по стереопаре [3].

Выволы

Описанные в работе методы и технологии технического зрения являются достаточно универсальными и, помимо авиационных приложений, находят практическое применение в самых различных областях. Таким образом, можно предположить, что в ближайшее время исследователи будут уделять большое внимание развитию алгоритмов пространственной реконструкции. Было бы интересным связать существующие классические методы обработки с современным математическим аппаратом для получения более эффективных алгоритмов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю. Проблемы технического зрения в современных авиационных системах // Техническое зрение в системах управления мобильными объектами. М., 2010. С. 11–44.
- 2. Luo J., Oubong G. A Comparison of SIFT, PCA-SIFT and SURF / Пер. с α ВІГЛ. // International Journal of Image Processing. 2009. Vol. 3, I. 4.
- 3. Свешникова Н.В., Юрин Д.В. Восстановление трехмерных сцен с помощью методов факторизации: принцип работы и оценка погрешностей // 14-я Междунар. конф. по компьютерной графике и машинному зрению «ГрафиКон 2005». М., 2005. С. 200–207.

ОПЕНКА ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА ПО ВЕЙВЛЕТ-СПЕКТРУ

В.В. Щербаков, аспирант; В.О. Чемезов, студент

Научный руководитель И.В. Шакиров, к.т.н. г. Томск, ТУСУР, каф. ЭСАУ, dr_scorpion@mail.ru

Сегодня границы применения оптического потока постоянно расширяются: интенсивно используется для создания видеоспецэффектов, сжатии видео, машинном зрении и многих других областях. В оптическом потоке зашифрована полезная информация о структуре сцены. Оптический поток — это изображение видимого движения объектов, поверхностей или краев сцены, получаемое в результате перемещения наблюдателя относительно сцены [1].

Методы, основанные на оптическом потоке, вычисляют движение между двумя кадрами, взятыми в момент времени t и $t+\delta t$, в каждом пикселе. Эти методы называются дифференциальными, так как они основаны на приближении сигнала отрезком ряда Тейлора; таким образом, они используют частные производные по времени и пространственным координатам.

В случае размерности 2D+t (случаи большей размерности аналогичны) пиксель в позиции (x,y,t) с интенсивностью I(x,y,t) за один кадр будет перемещен на δx , δy и δt , и можно записать следующее уравнение:

$$I(x,y,t)=I(x+\delta x,y+\delta y,t+\delta t)$$
.

Считая, что перемещение мало, и используя ряд Тейлора, получаем:

$$I(x+\delta x,y+\delta y,t+\delta t) \approx I(x,y,t) + \frac{\partial I}{\partial x} \delta x + \frac{\partial I}{\partial y} \delta y + \frac{\partial I}{\partial t} \delta t$$
.

Из этих равенств следует:

$$\frac{\partial I}{\partial x} \delta x + \frac{\partial I}{\partial y} \delta y + \frac{\partial I}{\partial t} \delta t = 0 \ \text{ или } \frac{\partial I}{\partial x} \frac{\delta x}{\delta t} + \frac{\partial I}{\partial y} \frac{\delta y}{\delta t} + \frac{\partial I}{\partial t} \frac{\delta t}{\delta t} = 0 \ .$$

Отсюда получается, что
$$\frac{\partial I}{\partial x}V_x+\frac{\partial I}{\partial y}V_y+\frac{\partial I}{\partial t}=0$$
 ,

где V_x , V_y – где x и y – компоненты скорости оптического потока в

$$I(x,y,t)$$
 , а $\frac{\partial I}{\partial x}$, $\frac{\partial I}{\partial y}$ и $\frac{\partial I}{\partial t}$ — это производные изображения в (x,y,t) в

соответствующих направлениях.

Таким образом:
$$I_x V_x + I_y V_y = -I_t$$
 или $\nabla I^T \vec{V} = -I_t$ [2].

Вейвлеты, будучи функциями времени, имеют свое частотное представление. Частотное представление вейвлетов имеет важное значение и в определении фильтрующих свойств вейвлет-преобразований, и быстрого вейвлет-преобразования, основанного на пирамидальном алгоритме Малла и прореживании спектра вейвлетов по частоте. В соответствии с частотным подходом к вейвлет-преобразованиям частотная область вейвлетов может быть разбита на две составляющие — низкочастотную и высокочастотную. Низкочастотный фильтр дает частотный образ для аппроксимации (грубого приближения) сигнала, а высокочастотный фильтр — для его детализации.

Быстрое вейвлет-преобразование может быть реализовано в виде каскадного соединения низкочастотных и высокочастотных фильтров или пирамидального алгоритма Малла. Применимо к изображениям, за один шаг дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) выделяют одну низкочастотную и три высокочастотных компоненты исходного сигнала-изображения [3].

В основу метода положен переход от временного представления последовательного видеоряда к частотному, полученному путем вейвлет-преобразования интенсивностей I(x,y,t). Тогда вычисление оптического потока будет иметь вид:

$$\nabla W^T \overrightarrow{V} = -W_t$$
.

Для изображений размером $M \times N$ пикселей каждая итерация быстрого вейвлет-преобразования (алгоритм Малла) реализуется в два этапа. В результате применения фильтров G и H получаются две матрицы, состоящие из низкочастотных (сглаженная версия оригинала) и высокочастотных компонент (детали), каждая из которых имеет размер $(M/2) \times N$ пикселей. На втором этапе с помощью этих же фильтров выполняют преобразования столбцов обеих матриц изображений. В итоге после выполнения одной итерации разложения изображения по алгоритму Малла получается двухмерный вейвлет-спектр размером $M \times N$ пикселей, условно разбитый на четыре квадранта: LP-LP (уменьшенная и сглаженная по строкам и столбцам версия изображения), LP-HP (дифференциальная информация об исходном изображении в горизонтали), HP-LP (дифференциальная информация об исходном изображении по вертикали), HP-HP (дифференциальная информация об исходном изображении в диагональном направлении).

Алгоритм Лукаса–Канаде – широко используемый в компьютерном зрении дифференциальный локальный метод вычисления оптического потока. Основное уравнение оптического потока содержит две неизвестных и не может быть однозначно разрешено. Алгоритм Лукаса–Канаде обходит неоднозначность за счет использования информа-

ции о соседних пикселях в каждой точке. Метод основан на предположении, что в локальной окрестности каждого пикселя значение оптического потока одинаково, таким образом, можно записать основное уравнение оптического потока для всех пикселей окрестности и решить полученную систему уравнений методом наименьших квадратов [4].

Для улучшения результата, получаемого с помощью этого алгоритма, будем определять оптический поток не по серии оригинальных изображений, а по полученным с помощью вейвлет-преобразования проекций в области высоких частот. Такая операция позволяет работать только над более выразительными частями оригинала, что позволяет лучше отсеивать шумы. А также, используя ДВП, отметим интересную особенность: если для расчета первой итерации ДВП изображения требуется, к примеру, K операций, то для реализации второй итерации требуется уже K/4 операций, а для третьей — K/16 операций и т.д. — это существенно сокращает общий объем вычисления вейвлетспектра изображения.

Применение современного математического аппарата для вычисления оптического потока позволило повысить эффективность метода Лукаса—Канаде, так как расчеты были перенесены из временной области в пространственно-временную область вейвлет-спектра. В частности, алгоритм позволяет уменьшать количество вычислений в N раз и определять ключевые точки по высокочастотным компонентам, что в свою очередь повысило устойчивость обработки на различного рода видеопоследовательностях.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. М.: Изд. дом «Вильямс», 2004.
 - 2. Fleet D.J., Weiss Y. Optical Flow Estimation. M., 2006.
- 3. Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование. М., 2001.
- 4. Lucas B., Kanade T. An iterative image registration technique with an application to stereo vision // IJCA. M., 1981. C. 674–679.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКШИЯ Я

Парханюк А.Н., Маркин А.О., Картушанов Д.А.	
ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ДИФРАКЦИИ СВЕТОВЫХ	•
ПУЧКОВ В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ	38
Мухтубаев А.Б., Рябчёнок В.Ю., Тренихин П.А.	
ПРОДОЛЬНАЯ МОДУЛЯЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ФОТОННЫХ	40
	4(
MyCJUMOB 3.P.	
УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СХЕМА ЗАПИСИ ВОГНУТЫХ	
ГОЛОГРАММНЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЕТОК ТРЕТЬЕГО	4.
ПОКОЛЕНИЯ	43
Семкин А.О.	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ	
CETEЙ (PON) г. TOMCKA	10
Сюваева О.С., Шмаков С.С.	
ФАЗОВАЯ ДЕМОДУЛЯЦИЯ ПРИ ДВУХВОЛНОВОМ	
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НА ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ГОЛОГРАММАХ	40
В КРИСТАЛЛАХ КЛАССА СИЛЛЕНИТОВ	45
Солдаткин В.С., Тепляков К.В., Устюгов С.Н.	
РАЗРАБОТКА МОЩНЫХ СВЕТОДИОДОВ БЕЛОГО ЦВЕТА	
СВЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА	2 (
Тагильцева М.А., Паргачёв И.А., Кулешов Ю.В.	
ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НА ПАРАМЕТРЫ	
ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ МОДУЛЯТОРОВ, ОСНОВАННЫХ	
НА КРИСТАЛЛАХ КТР):
Уткина А.С., Титов С.В., Ефанов В.И. СПЛИТТЕРЫ В ОПТИЧЕСКИХ ПАССИВНЫХ СЕТЯХ	
СПЛИТТЕГЫ В ОПТИЧЕСКИХ ПАССИВПЫХ СЕТИХ	,
СЕКЦИЯ 9	
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЬ	J
ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА	
Председатель — Ворошилин Е.П. , зав. каф. ТОР, к.т.н.,	
зам. председателя – Белов В.И. , доцент каф. ТОР, к.т.н.	
Бортников Е.В., Немеров А.А., Крупский А.С.	
ТЕСТОВЫЙ СТЕНД ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ РЕАЛИЗАЦИЙ	
ПРОТОКОЛОВ ШИРОКОПОЛОСНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ	61
Эрдынеев Ж.Т., Вершинин А.С.	
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ МОМЕНТОВ ПРИХОДА СИГНАЛОВ	
ДЛЯ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА (54
Филимонов А.П.	
ОПТИМИЗАЦИЯ НАСТРОЕК ПРОТОКОЛА ТСР	66
Иовлев Д.И.	
АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ	
В БЕСПРОВОДНЫХ AD НОС СЕТЯХ	69

Козлов С.В.	
ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ	
СЕТИ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ	
ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ	72
Балашова К.В., Лобанов Н.А., Долгих Л.А.	
FILTER BANK MULTICARRIER МОДУЛЯТОР	75
Манохин Г.О., Майков Д.Ю.	
СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИХОДА	
СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ СВЯЗИ	78
Онуфриев В.А., Зоркальцев А.А.	
КОММУТАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ РЕАЛИЗАЦИИ ОБМЕНА	
ДАННЫМИ ПО ПРОТОКОЛУ GOOSE (ГОСТ Р МЭК 61850)	81
Пуговкин А.В., Муслимова Н.И., Лыскова Е.А., Сапрыкина Д.П.	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСУ	
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ	84
Усольцев М.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕШЕНИИ	
ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ	87
Вершинин А.С.	
МЕТОД ОЦЕНКИ МОМЕНТА ПРИХОДА СИГНАЛА В СИСТЕМАХ	
СВЯЗИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЮ МІМО	89
Юрочкин Р.А.	
ПРОЦЕДУРА ХЭНДОВЕРА В СПУТНИКОВЫХ СЕТЯХ	92
СЕКЦИЯ 10	
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ	
информационно-управляющие системы	
Председатель – Катаев М.Ю., профессор каф. АСУ, д.т.н.;	
зам. председателя – Бойченко И.В. , доцент каф. АСУ, к.т.н.	
Андреев А.Г.	
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ CO ₂ ДЛЯ СТАНЦИИ	
LAMONT (TCCON) ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ МЕТОДОМ	
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	98
Губанова Н.О.	
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ПОЛЕЙ	
ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ГАЗОВ CO ₂ , CH ₄	
НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	. 100
Гуськова Т.П.	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	
РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА AL5D	. 102
Курышев К.С.	
ОПИСАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ ПЕРСПЕКТИВЫ В СИСТЕМАХ	
УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ УЧРЕЖДЕНИЯ	. 104

Пьянкова М.Ю., Толстокулакова Е.М., Лыбина А.С.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЗАКАЗОВ В CRM-СИСТЕМЕ	
«ДИСТРИБЬЮТОР»	.107
Ушаков А.С., Шепелева Н.Е.	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	100
ДЛЯ АНДРОИДНОГО РОБОТА ROBOBUILDER	.109
Шерстобоев Д.Е.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МУЛЬТИМЕДИА ФРЕЙМВОРКОВ,	
РАБОТАЮЩИХ НА UNIX-ПОДОБНЫХ СИСТЕМАХ	.110
Толстокулакова Е.М., Пьянкова М.Ю., Лыбина А.С.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ НАЛОГОВОГО УЧЕТА	110
В CRM-СИСТЕМЕ «ДИСТРИБЬЮТОР»	.113
Зиновьев А.В.	
УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ	
ПРИ ОБРАБОТКЕ СПУТНИКОВЫХ СИГНАЛОВ	.115
Базелюк С.А.	
ТЕСТИРОВАНИЕ МЕТОДА RANDOM FOREST В ЗАДАЧЕ	
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ СО2	
ПО ДАННЫМ СПУТНИКА GOSAT	.117
Пастушков А.В.	
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА	
ЗВУКОВОГО СИГНАЛА	.119
СЕКЦИЯ 11 ФИЗИЧЕСКАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА Председатель — Троян П.Е. , зав. каф. ФЭ, профессор, д.т.н.; зам. председателя — Смирнов С.В. , профессор каф. ФЭ, д.т.н.	
Федин И.В., Ионов Е.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЛЁНОК ДИЭЛЕКТРИКОВ	
НАНОМЕТРОВОЙ ТОЛЩИНЫ	122
Гребнева Ю.Ю., Ишуткин С.В.	
РАЗРАБОТКА РЕЗИСТИВНОЙ МАСКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ	
ТЕРМИЧЕСКОГО ОПЛАВЛЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ Т-ОБРАЗНОГО	
ЗАТВОРА СУБМИКРОННЫХ РАЗМЕРОВ	.124
Гулькина В.С.	
ПОТЕНЦИАЛ ИЗОЛИРОВАННОЙ МИШЕНИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ	
ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ЛУЧОМ В ФОРВАКУУМЕ	.127
Гущин В.А., Роденко О.Л., Мошкина А.В., Сим П.Е.	
Гущин В.А., Роденко О.Л., Мошкина А.В., Сим П.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДОВ	
Гущин В.А., Роденко О.Л., Мошкина А.В., Сим П.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДОВ Казаков А.В., Зенин А.А., Климов А.С.	
Гущин В.А., Роденко О.Л., Мошкина А.В., Сим П.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДОВ Казаков А.В., Зенин А.А., Климов А.С. ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ УСКОРЯЮЩЕГО ПРОМЕЖУТКА	
Гущин В.А., Роденко О.Л., Мошкина А.В., Сим П.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДОВ Казаков А.В., Зенин А.А., Климов А.С.	130

Кулинич И.В., Ерофеев Е.В.	
СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ СУБМИКРОННОГО ЗАТВОРА	
ДЛЯ GaAs СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ С ВЫСОКОЙ ПОДВИЖНОСТЬЮ	
ЭЛЕКТРОНОВ	135
Кутков И.В.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК $\mathrm{Si}_{\mathrm{X}}\mathrm{N}_{\mathrm{Y}}$ МЕТОДАМИ	
ИК-СПЕКТРОСКОПИИ И ЭЛЛИПСОМЕТРИИ	138
Юшков Ю.Г., Малышкин А.А., Медовник А.В.	
ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КЕРАМИКИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ	
ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В ФОРВАКУУМЕ	141
Мошкина А.В., Роденко О.Л., Гущин В.А., Сим П.Е.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ	
ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ	143
Петрухин С.В.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСАЖДЕНИЯ	
НА СЛОЖНЫЕ ПРОФИЛИ	146
Поливанова Ю.Н., Акимова О.Л., Кутков И.В.	
ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ ТРАВЛЕНИЯ	
ПОДЗАТВОРНОГО ЗАГЛУБЛЕНИЯ	149
Роденко О.Л., Мошкина А.В., Сим П.Е., Гущин В.А.	
ЗАВИСИМОСТЬ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК	
ЛЮМИНОФОРА ОТ ЕГО ТОЛЩИНЫ	151
Астафьев А.Л., Кузнецов К.С., Николаев Е.В., Сарвенков О.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ	
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ	
УГЛЕРОДОМ	154
Сим П.Е., Роденко О.Л., Мошкина А.В., Гущин В.А.	
ИЗМЕРЕНИЕ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК	
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ	156
Засухин Д.И., Кутков И.В., Поливанова Ю.Н.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ	
ПЛЕНОК ДИОКСИДА КРЕМНИЯ	159
Жидик Ю.С., Кайбагоров Н.В.	
РАСЧЕТ И АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ	
И МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В МАТРИЦЕ СВЕТОДИОДА	162
Золотухин Д.Б.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО УПРУГОГО	
РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ГАЗЕ	164

СЕКЦИЯ 12

П	P	O	V	IЬ	Ш	H	IE	H	Н	A	Я	7	\prod	$\mathbf{E}\mathbf{I}$	CT	P	O	H	И	К	A

Председатель — **Михальченко Г.Я.**, директор НИИ ПрЭ, профессор, д.т.н.; зам. председателя — **Семенов В.Д.**, профессор, зам. зав. каф. ПрЭ по HP, к.т.н.

Легостаев Н.С., Авдеев А.В.	
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНАРНЫХ	4.60
ТРАНСФОРМАТОРОВ	168
Баженов М.О.	
УПРОЩЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА СЕТЕВОГО	15050
УДВОИТЕЛЯ ТОКА	17/07/0
Боченин В.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ	154
Li-Ion АККУМУЛЯТОРА	174
Бычков С.А.	
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СТАТИЧЕСКОГО	1.77
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	177
Дарибаев Т.Б., Загородских Е.В., Святенко Д.В.	
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ИСТОЧНИК ТОКА	100
С ДВУПОЛЯРНЫМ ВЫХОДОМ	180
Дауров А.А., Леонтьев Д.Н., Мажников Ю.А.	104
МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ	184
Гладышева Е.И., Учаев В.Н., Литвинов А.В., Хуторной А.Ю.	
ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА СТАБИЛИЗАЦИИ	
ТЕМПЕРАТУРЫ В АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ	106
ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ	186
Гоффарт Т.В.	
ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИ	
БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	189
Xothehok C.IO.	
УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО	100
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ СВЕТА	192
Хуснутдинов Р.М., Батюнина А.В.	
УСТРОЙСТВО МОНИТОРИНГА СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ	104
МОДУЛЬНОГО ТИПА	194
MBahob B.B.	
ВАРИАНТ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В ИСТОЧНИКАХ ПИТАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА БОРТОВЫХ	
АВТОМОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ	100
Карпов И.В., Соболев С.В.	190
АППРОКСИМАЦИЯ НАПОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНЫХ	
АГРЕГАТОВ АЛГЕБРАИЧЕСКИМИ ПОЛИНОМАМИ ДЛЯ РАЗРАБО	тии
МЕТОДА КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА НЕФТИ	
МЕТОДА КОСВЕППОГО ИЗМЕРЕПИЛ РАСЛОДА ПЕФТИ Киндеркнехт Р.Н.	200
МОДЕЛЬ ПОВЫШАЮЩЕГО КВАЗИРЕЗОНАНСНОГО	
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ В НУЛЕ ТОКА	202
THEODIA JODA LEMI CHELENATIO TERRIEM DITATE TONA	203

Клакович О.В., Тюнин С.С., Храмцов А.В.
МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОЯЧЕЙКОВОГО ФОРМИРОВАТЕЛЯ
АСИММЕТРИЧНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА (НАПРЯЖЕНИЯ). 206
Коротков К.С.
УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НАГРЕВАТЕЛЯ КАТОДА
ЭЛЕКТРОРАКЕТНОГО ПЛАЗМЕННОГО ДВИГАТЕЛЯ
Крайняк А.П.
ЛАБОРАТОРНЫЙ МАКЕТ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА
В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ211
Низаметдинов К.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
НА УРОВЕНЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ
Легостаев Н.С., Окружко А.С.
ПРОГРАММА РАСЧЁТА КОНСТРУКТИВНЫХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ217
Петренко А.А., Саюн В.М., Федотов В.А.
ОТЛАДКА ФАЗОВОГО УПРАВЛЕНИЯ НА МК МС56F80132199
Темчук А.И., Федотов В.А., Идрисов И.К.
ИМПУЛЬСНО-МОДУЛЯЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ВЫСОКОЙ
ТОЧНОСТИ 2233
Винтоняк Н.П.
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ЭКСПРЕСС-ИСПЫТАНИЙ
РАДИОЭЛЕМЕНТОВ
Войко В.Ю., Матвеев К.Ф., Семенов В.Д.
УСТРОЙСТВО ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ ДЛЯ СЕТЕЙ
С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ С ЧАСТОТНО-
РЕГУЛИРУЕМЫМ ПРИВОДОМ
Ксынкин Д.В.
ЗАЩИЩЕННОЕ УДАЛЕННОЕ ОБНОВЛЕНИЕ ПАМЯТИ
ПРОГРАММ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ
Зацепина А.Г.
ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ МАТНСАО В ЗАДАЧАХ
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
ДЛЯ ИХ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ВЕКТОРИЗАЦИИ
Загваздин А.А., Легостаев Н.С., Четвергов К.В.
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ С КОММУТАЦИЕЙ РЕЗОНАНСНОГО ТИПА 237
Загваздин А.А., Протопопов А.В., Сулимов Ю.И.
АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ МАТLAВ
И ARDUINO СОВМЕСТИМОЙ ПЛАТФОРМЫ

СЕКЦИЯ 13

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Председатель — **Ехлаков Ю.П.**, проректор по информатизации и управлению TУСУР, зав. каф. АОИ, профессор, д.т.н., зам. председателя — **Сенченко П.В.**, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.

Подсекиия 13.1

РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

Председатель — **Ехлаков Ю.П.**, проректор по информатизации и управлению ТУСУР, зав. каф. АОИ, профессор, д.т.н., зам. председателя — **Сенченко П.В.**, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.

Афанасьев В.В., Алешин А.Д.	
СИСТЕМА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ	
СТРУКТУРОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ	242
Дунаев В.А.	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РЕПЛИКАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ	
БАЗАХ ДАННЫХ	2455
Колобова Ю.В.	
УПРАВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЯМИ АИС УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ	
ПРОЦЕССОМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО	
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	247
Лазарев И.В.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ УСЛУГ	
ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ИХ ИНТЕГРАЦИИ	251
Милихин М.М., Рычагов М.М.	
ОРГАНИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ СЕРВЕРНОЙ ЧАСТИ	
КОРПОРАТИВНОЙ ГИС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛЛЕРА	
ЗАПРОСОВ И ПЕРЕХВАТЫВАЮЩЕГО ФИЛЬТРА	254
Тетерятников О.И., Лагуткин В.И., Хоменкова Ю.Г.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ARDUINO	
ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ	
И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ	257
Тишков А.В.	
ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	
И ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ	
ОПТИМИЗАЦИИ2	5959
Заичкина П.А., Лунина Н.Ю., Тухватшин М.Р.	
ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА ПРОДАЖ ТИРАЖНЫХ	
	6161

Подсекция 13.2

СОВРЕМЕННЫЕ БИБЛИОТЕЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Председатель — **Абдрахманова М.В.**, директор библиотеки ТУСУРа, зам. председателя — **Карауш А.С.**, доцент каф. РЗИ, к.т.н.

Чуприкова Н.Т.	
БАЗА ДАННЫХ «МАРС»: ПРИЧИНЫ ПОПУЛЯРНОСТИ В НТБ ТПУ	265
Клименко А.А., Терешко Л.С., Топоркова А.П., Карауш А.С. АЛГОРИТМ ПРОВЕРКИ ДУБЛЕТНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ	
	0.0
БИБЛИОТЕК ПРИ СОЗДАНИИ ЕДИНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ	868
О.В. Халошина	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ТПУ:	
СОСТАВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	969
Хамрина Ю.А.	
ВИРТУАЛЬНЫЕ КНИЖНЫЕ ВЫСТАВКИ В БИБЛИОТЕКЕ	.722
Куликов А.Н.	
ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MS	
NETFRAMEWORK 4.0 PARALLEL EXTENSIONS HA ΠΡИΜΕΡΕ БΠΦ 2	:755
Штымова О.В., Абдрахманова М.В.	
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ	
«КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ» В БИБЛИОТЕКЕ ТУСУРА27	878
Титова Н.А., Чуприкова Н.Т.	
ПРОЕКТ АРБИКОН «ЭДД»: ПЯТИЛЕТНИЙ ОПЫТ РАБОТЫ	280
СЕКЦИЯ 14	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель – Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н.,	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И. , профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С. , доцент каф. ЭСАУ, к.т.н.	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В.	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ,	202
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ	283
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ	283
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ	283
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ	866
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ. Бектяшкин А.Ю., Пантелеев Д.Н. ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ МЕТАЛЛОВ	866
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ. Бектяшкин А.Ю., Пантелеев Д.Н. ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ МЕТАЛЛОВ	866
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ. Бектяшкин А.Ю., Пантелеев Д.Н. ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ МЕТАЛЛОВ	2866 289
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА Председатель — Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.фм.н., зам. председателя — Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н. Алтухов Ю.А., Любутин П.С., Панин С.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ. Бектяшкин А.Ю., Пантелеев Д.Н. ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКРЕТНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ МЕТАЛЛОВ	2866 289

Иванова А.А., Пурыга Е.А., Иваненко С.В.	
АДАПТИВНЫЙ ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ	
ГАММА-СПЕКТРОМЕТР	294
Карпов И.В., Соболев С.В.	
АППРОКСИМАЦИЯ МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК	
НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ АЛГЕБРАИЧЕСКИМИ ПОЛИНОМАМИ	
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ	
РАСХОДА НЕФТИ	2966
Кожевников С.А.	
СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	
ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	299
Насибуллин И.Н.	
ИЗМЕРИТЕЛЬ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
С ФУНКЦИЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРА СИГНАЛА	3022
Плеханов А.В.	
КОСВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ПЕРЕКАЧИВАЕМОЙ	
ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ НАСОСНЫЙ АГРЕГАТ	3044
Полукеев И.Б.	
ИЗМЕРЕНИЕ ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МОЩНЫХ	
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА	
HA OCHOBE ГЕТЕРОСТРУКТУР GaN И GaINN	3066
Поляков С.А., Волков М.А., Иванов Б.Р.	
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО	
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ЭКСПРЕССНОГО ИЗМЕРЕНИЯ	
КАЧЕСТВА БЕНЗИНА	.30909
Пурыга Е.А., Иванова А.А., Иваненко С.В.	
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ	
БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ РЕГИСТРАТОРОВ ADC12500	3111
Титков В.В., Любутин П.С.	
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ ВЕКТОРНЫХ ПОЛЕЙ	313
Васильев И.П., Лопатько А.М.	
АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ	
ПАРАМЕТРОВ ПРИБОРОВ ОПТО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ	3166
Чемезов В.О., Щербаков В.В.	
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗОНЫ НАБЛЮДЕНИЯ	
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЦЕНКИ ВИДЕОРЯДА	.31919
Щербаков В.В., Чемезов В.О.	
ОЦЕНКА ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА ПО ВЕЙВЛЕТ СПЕКТРУ	322

Для заметок

Научное издание

Материалы

Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2012», посвященной 50-летию ТУСУРа

16-18 мая 2012 г., г. Томск

В пяти частях

Часть 2

Корректор – **В.Г.** Лихачева Верстка **В.М.** Бочкаревой

Издательство «В-Спектр». Сдано на верстку 01.04.2011. Подписано к печати 25.04.2012. Формат $60\times84^1/_{16}$. Печать трафаретная. Печ. л. 21. Тираж 500 экз. Заказ 18.

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: bvm@sibmail.com