

 **Магистратура ТУСУРа – это**

- Выбор любой магистерской программы независимо от профиля ранее полученного образования;
- Магистерская подготовка на базе инновационных научно-образовательных центров с использованием современных образовательных технологий;
- Возможность участия в реальных групповых проектах в процессе обучения или ведения собственного проекта в студенческом бизнес-инкубаторе;
- Возможность построения собственного бизнеса в процессе обучения, индивидуальная траектория подготовки каждого магистра, ориентированная на работодателя;
- Академические обмены и стажировки в России и за рубежом.

Приглашаем Вас на обучение по направлениям магистерской подготовки:

010400.68	Прикладная математика и информатика
080200.68	Менеджмент
080500.68	Бизнес-информатика
200700.68	Фотоника и оптоинформатика
210100.68	Электроника и нанoeлектроника
210400.68	Радиотехника
210700.68	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
220400.68	Управление в технических системах
221000.68	Мехатроника и робототехника
222000.68	Инноватика
230100.68	Информатика и вычислительная техника
231000.68	Программная инженерия

Адрес: 634050, г. Томск, пр-т Ленина, 40, кабинет №129**Телефоны:** (3822) 513-226, 900-100**E-mail:** onir@main.tusur.ru**Сайт университета:** www.tusur.ru**Информационный центр поступающего в магистратуру:**<http://abiturient.tusur.ru/admissions/magistrates>

Представитель ТУСУРа



TUSUR

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ
ТУСУР–2013****МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
15–17 мая 2013 г. (В пяти частях)****Часть 2****г. 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–2013

**Материалы
Всероссийской научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2013»**

15–17 мая 2013 г., г. Томск

В пяти частях

Часть 2

В-Спектр
2013

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

Н 34

Н 34 Научная сессия ТУСУР–2013: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 15–17 мая 2013 г. – Томск: В-Спектр, 2013: В 5 частях. – Ч. 2. – 364 с.

ISBN 978-5-91191-283-3

ISBN 978-5-91191-285-7 (Ч. 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 электро- и радиосвязи, вопросам проектирования и технологии радиоэлектронных средств, аудиовизуальной техники, бытовой радиоэлектронной аппаратуры, а также автоматизированных 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 защиты 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

ISBN 978-5-91191-283-3

ISBN 978-5-91191-285-7 (Ч. 2)

© Том. гос. ун-т систем управления
и радиоэлектроники, 2013

**Всероссийская
научно-техническая конференция
студентов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2013»
15–17 мая 2013 г.**

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

- *Шурыгин Ю.А.* – сопредседатель 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, д.ист.н., профессор;
- *Давыдова Е.М.*, зам. зав. каф. КИБЭВС по УР, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.;
- *Дмитриев В.М.*, зав. каф. МОТЦ, д.т.н., профессор;
- *Еханин С.Г.*, проф. каф. КУДР, д.ф.-м.н., доцент;
- *Ехлаков Ю.П.*, проректор по информатизации и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор;
- *Зариковская Н.В.*, доцент каф. ФЭ, к.ф.-м.н.;
- *Карташев А.Г.*, проф. каф. РЭТЭМ, д.б.н.;
- *Катаев М.Ю.*, проф. каф. АСУ, д.т.н.;
- *Коцубинский В.П.*, зам. зав. каф. КСУП, доцент каф. КСУП, к.т.н.;
- *Лоцилов 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, д.ф.-м.н., профессор, 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», д.т.н., профессор;
- *Мещеряков Р.В.*, зам. начальника НУ, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н., доцент;
- *Мицель А.А.*, проф., 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, д.т.н., профессор;
- *Разинкин В.П.*, проф. каф. ТОР НГТУ, д.т.н., г. Новосибирск;
- *Семиглазов А.М.*, проф. каф. ТУ, д.т.н.;
- *Суслова Т.И.*, декан ГФ, зав. каф. ФС, д.ф.н., профессор;
- *Титов А.А.*, проф. каф. РЗИ, д.т.н., доцент;
- *Троян П.Е.*, зав. каф. ФЭ, д.т.н., профессор;
- *Уваров А.Ф.*, проректор по инновационному развитию и международной деятельности ТУСУР, зав. каф. УИ, к.э.н.;
- *Ходашинский И.А.*, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.;
- *Черепанов О.И.*, проф. каф. ЭСАУ, д.ф.-м.н.;
- *Шарангович С.Н.*, проф., зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н.;
- *Шарыгин Г.С.*, зав. каф. РТС, д.т.н., профессор;
- *Шостак А.С.*, проф. каф. КИПР, д.т.н.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

- *Шелупанов А.А.* – председатель Организационного комитета, проректор по НР ТУСУРа, зав. каф. КИБЭВС, профессор, д.т.н.;
- *Ярьмова И.А.* – зам. председателя Оргкомитета, зав. ОППО ТУСУРа, к.б.н.;
- *Юрченкова Е.А.* – секретарь Оргкомитета, ведущий 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, д.т.н., проф.; зам. председателя – Костевич Анатолий Геннадьевич, с.н.с. каф. ТУ НИЧ, к.т.н.
- Секция 4. Проектирование биомедицинских электронных и нанoeлектронных средств. Председатель секции – Еханин Сергей

- Георгиевич, проф. каф. КУДР, д.ф.-м.н., доцент; зам. председателя – Романовский Михаил Николаевич, доцент каф. КУДР, к.т.н.
- Секция 5. Проектирование измерительной аппаратуры. Председатель секции – Лошилов 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, д.т.н., доцент; зам. председателя – Семенов Эдуард Валерьевич, доцент каф. РЗИ, д.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 – Гельцер Андрей Александрович, ст. преподаватель каф. ТОР, к.т.н.
- Секция 10. Интегрированные информационно-управляющие системы. Председатель секции – Катаев Михаил Юрьевич, проф. каф. АСУ, д.т.н.; зам. председателя – Суханов Александр Яковлевич, 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 Дмитриевич, проф., зам. зав. каф. ПрЭ по НР, к.т.н.
- Секция 13. Распределенные информационные технологии. Председатель секции – Ехлаков Юрий Поликарпович, проректор по информатизации и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Сенченко Павел Васильевич, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, 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. 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 15.1. Интеллектуальные системы проектирования технических устройств. Председатель секции – Черкашин Михаил Владимирович, декан ФВС, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 15.2. Адаптация математических моделей для имитации сложных технических систем. Председатель секции – Коцубинский Владислав Петрович, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Подсекция 15.3. Инструментальные средства поддержки автоматизированного проектирования и управления. Председатель секции – Хабибуллина Надежда Юрьевна, доцент каф. КСУП, к.т.н.
- Секция 16. Вычислительный интеллект. Председатель секции – Ходашинский Илья Александрович, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.; зам. председателя – Костюченко Евгений Юрьевич, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
- 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, д.т.н., проф.; зам. председателя – Конев Антон Александрович, доцент каф. КИБЭВС, 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 – Миргородский Семен Константинович, м.н.с. каф. ФЭ.
- 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, ст. преподаватель 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. Социогуманитарные проблемы современности: история, теория, практика. Председатель секции – Сулова Татьяна Ивановна, декан ГФ, зав. каф. ФиС, д.ф.н., проф.; зам. председателя – Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, д.и.н., проф.
- Подсекция 23.1. Актуальные проблемы социальной работы в современном обществе. Председатель секции – Грик Николай Антонович, зав. каф. ИСР, д.и.н., проф.; зам. председателя – Казакевич Людмила Ивановна, доцент каф. ИСР, к.и.н.
- Подсекция 23.2. Современные социокультурные технологии в организации работы с молодежью. Председатель секции – Сулова Татьяна Ивановна, декан ГФ, зав. каф. ФиС, д.ф.н., проф.; зам. председателя – Орлова Вера Вениаминовна, д.соц.н., проф. каф. ФиС, директор НОЦ «СГТ»; Покровская Елена Михайловна, доцент каф. ФиС, к.ф.н., директор НОЦ ГФ ТУСУРа.
- 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, декан ФМС, зав. каф. МОТЦ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Ганджа Тарас Викторович, доцент каф. СА, к.т.н.

- Секция 26. Современные информационные технологии. Открытия. Творчество. Проекты. Председатель секции – Федорова Наталья Андреевна, начальник учебно-методического управления НОУ «Открытый молодежный университет»; зам. председателя – Смолонская Марина Александровна, заместитель начальника учебно-методического управления НОУ «Открытый молодежный университет».
- Секция 27. Правовые проблемы современной России. Председатель секции – Соколовская Наталья Сергеевна, доцент каф. уголовного права, к.ю.н.

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, 25, 26-я секции;
3-й том – 15, 19–22-я секции;
4-й том – 16–18-я секции;
5-й том – 23, 24, 27-я секции.

СЕКЦИЯ 8

ОПТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАНОФОТОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

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

ВЛИЯНИЕ ВХОДНОЙ ЦЕПИ НА СИГНАЛ ФОТОПРОВОДИМОСТИ ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА

К.В. Францев, В.Н. Давыдов, проф. каф. ЭП
Научный руководитель В.Н. Давыдов, проф каф. ЭП, д.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, dvn@set.tusur.ru
Проект ГПО ЭП-0709

При регистрации слабого светового потока важным фактором, влияющим на выходной сигнал фотоприемного устройства (ФПУ), является фоновое излучение, попадающее в апертуру. Фоновая засветка может существенно исказить принимаемый сигнал как по величине, так и по форме [1, 2]. Причину влияния фона обычно ищут в новых физических свойствах фоторезистора (ФР) и не учитывают возможное влияние входной цепи ФПУ [3].

Целью данной работы является расчет сигнала фотопроводимости (ФП) при наличии фоновой засветки с учетом параметров входной цепи ФПУ.

Расчет сигнала фотопроводимости. Для анализа экспериментально обнаруженных изменений фотопроводимости в условиях наличия тестового оптического излучения $P_{св}$ фоновой засветки мощностью $P_{ф}$ необходимо выражение для напряжения ФП – $U_{фп}$, учитывающее входную цепь, действие на ФР постоянного напряжения смещения V , а также тестового излучения и фоновой засветки. Для этого рассмотрим схему входной цепи (рис. 1). В отсутствие тестового излучения, фоновой засветки и случайных флуктуаций числа носителей заряда в ФР величина напряжения на выходе схемы будет

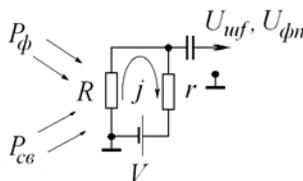


Рис. 1. Входная цепь схемы регистрации ФП

$$V_0 = R^0 \cdot j = V \left(\frac{R^0}{r + R^0} \right).$$

Под действием тестового излучения малой мощности P_{ce} сопротивление фоторезистора изменяется на $\Delta R(P_{ce})$: $R = R^0 + \Delta R(P_{ce})$, причем $\Delta R(P_{ce}) \ll R^0$. В результате этого на выходе схемы появится напряжение величиной

$$U_{ex}(V, P_{ce}) = V \frac{R^0 + \Delta R}{R^0 + \Delta R + r} \approx V \left(\frac{R^0}{R^0 + r} \right) \cdot \left(1 + \frac{\Delta R(P_{ce})}{R^0} - \frac{\Delta R(P_{ce})}{R^0 + r} \right),$$

в котором переменный сигнал равен

$$U_{\phi n}(V, P_{ce}) \cong V \left(\frac{R^0}{R^0 + r} \right) \frac{\Delta R(P_{ce})}{R^0 + r}. \quad (1)$$

Изменение сопротивления фоторезистора $R(P_{ce})$, вызванное поглощением тестового излучения, найдем, вычисляя дифференциал $R(P_{ce}) = L/(\sigma S)$, где L – длина фоторезистора в направлении тока; S – площадь его поперечного сечения; σ – удельная проводимость

$$\Delta R(P_{ce}) = -\frac{\Delta \sigma}{\sigma^2} \cdot \frac{L}{S} = -R^0 \left(\frac{q\mu_n \cdot \Delta n + q\mu_p \cdot \Delta p}{q\mu_n n_0 + q\mu_p p_0} \right). \quad (2)$$

Здесь использованы стандартные обозначения параметров полупроводников, в частности, n_0 , p_0 – темновые концентрации электронов и дырок соответственно. Неравновесные концентрации электронов и дырок можно найти как предельные избытки концентраций носителей заряда, вызванные квазистационарным освещением мощностью P_{ce} :

$$\Delta n = g\tau_n = \eta \cdot \alpha \cdot T_r \cdot I_{ce} \cdot \tau_n = \eta_{ce} \alpha_{ce} T_{ce} \cdot \frac{1}{S_{ce}} \cdot \frac{P_{ce}}{hc} \lambda_{ce} \tau_n.$$

Здесь η_{ce} – квантовая эффективность поглощения света; α_{ce} – коэффициент поглощения света; T_{ce} – коэффициент пропускания тестового излучения в объем полупроводника; $S_{ce} = L^2$ – освещаемая тестовым излучением площадь; h – постоянная Планка; c – скорость света в вакууме; λ_{ce} – длина волны тестового излучения; τ_n – время жизни неравновесных электронов. Если тестовое излучение модулировано синусоидой частотой $f = \omega/2\pi$, то выражение для избытка электронов будет иметь следующий вид:

$$\Delta n = g(f)\tau_n = \eta_{c\delta}\alpha_{c\delta}T_{c\delta} \cdot \frac{1}{S_{c\delta}} \cdot \frac{P_{c\delta}}{hc} \cdot \lambda_{c\delta} \left(\frac{\tau_n}{1 + \omega^2\tau_n^2} \right). \quad (3)$$

При собственном поглощении тестового излучения времена жизни неравновесных электронов и дырок можно считать равными: $\tau_n = \tau_p = \tau_{n,p}$. Подставив выражения (2) и (3) в (1), получим

$$U_{\phi n}(V, P_{c\delta}) = V \frac{r \cdot R^0}{(R^0 + r)^2} A \cdot \left(\frac{\tau_{n,p}}{1 + \omega^2\tau_{n,p}^2} \right) \cdot P_{c\delta}. \quad (4)$$

Здесь $A = \left(\frac{q\mu_n + q\mu_p}{q\mu_n n_0 + q\mu_p p_0} \right) \cdot \eta_{c\delta} \cdot \alpha_{c\delta} \cdot T_{c\delta} \frac{\lambda_{c\delta}}{L^2 hc}$. Выражение (4) по-

казывает, что сигнал ФП зависит не только от параметров полупроводника, но и от величины напряжения смещения, а также соотношения сопротивлений R^0 и сопротивления r .

Теперь учтем наличие фоновой засветки фоторезистора. Для этого найдем изменение сигнала ФП в условиях изменяющегося за счет поглощения слабой фоновой засветки сопротивления фоторезистора: $R^0 \rightarrow R(P_\phi) = R^0 + \Delta R(P_\phi)$, причем $\Delta R(P_\phi) \ll R^0$. Учтем также, что в выражении (4) коэффициент A зависит P_ϕ . Тогда

$$U_{\phi n}(V, P_{c\delta}, P_\phi) = U_{\phi n}(V, P_{c\delta}) + \Delta U_{\phi n}(V, P_{c\delta}, P_\phi),$$

где первое слагаемое определяется выражением (4), а изменения сигнала ФП, вызванные засветкой, вычисляются как дифференциал (4)

$$\begin{aligned} \Delta U_{\phi n}(V, P_{c\delta}, P_\phi) = & V \cdot \Delta \left(\frac{r \cdot R(P_\phi)}{(R(P_\phi) + r)^2} \right) \cdot \left(\frac{\tau_{n,p}}{1 + \omega^2\tau_{n,p}^2} \right) A \cdot P_{c\delta} + \\ & + V \frac{r \cdot R^0}{(R^0 + r)^2} \cdot \left(\frac{\tau_{n,p}}{1 + \omega^2\tau_{n,p}^2} \right) \Delta(A) \cdot P_{c\delta}. \end{aligned}$$

Наличие двух слагаемых в данном выражении указывает на два механизма влияния засветки на сигнал ФП. Первое слагаемое описывает изменение коэффициента передачи входной цепи ФПУ, вызванное изменением сопротивления ФР, а второе – изменение величины ФП под действием фоновой засветки. Тогда выражение для сигнала ФП на выходе схемы регистрации при засветке будет иметь вид

$$U_{\phi n} = V \left(\frac{r \cdot R^0}{(R^0 + r)^2} \right) \cdot \left(\frac{\tau_{n,p}}{1 + \omega^2 \tau_{n,p}^2} \right) \cdot \left(1 - \left(\frac{2R^0}{R^0 + r} \right) \cdot A \cdot B \cdot P_{\phi} \right) \cdot A \cdot P_{c\phi}. \quad (5)$$

Здесь $B = \frac{\eta_{\phi} \cdot \alpha_{\phi} \cdot T_{\phi} \cdot \lambda_{\phi}}{\eta_{c\phi} \cdot \alpha_{c\phi} T_{c\phi} \cdot \lambda_{c\phi}} \tau_{n,p}$. Нижний индекс «сφ» отмечает пара-

метры тестового излучения, а индекс «φ» – фоновой засветки. Выражение (5) показывает, что фоновая засветка приводит к уменьшению величины ФП. Однако снижение ФП при заданной мощности засветки зависит от соотношения сопротивлений фоторезистора и нагрузки: если $R^0 > r$, то влияние фона максимально, а при $R^0 < r$ влияние фона на ФП отсутствует. Максимальное и минимальное изменения ФП за счет засветки определяются вторым слагаемым в круглых скобках выражения (5), которое зависит не только от величин сопротивлений, но и от параметров ФР и засветки.

Выводы. Полученное выражение (5) хорошо описывает экспериментальные изменения сигнала ФП при действии фоновой засветки: предсказывая линейный характер зависимости $U_{\phi n}(V)$, а также указывает на сохранение этой зависимости в условиях засветки. Далее, основной экспериментально установленный эффект от засветки – снижение величины сигнала ФП пропорционально мощности засветки также подтверждается полученным выражением. Однако предсказывается возможность уменьшения влияния засветки на сигнал ФП, если соотношение сопротивлений ФР и нагрузки будет в пользу сопротивления ФР, что также наблюдалось экспериментально [3, 4]. Таким образом, учет входной цепи ФПУ может в определенных ситуациях объяснить экспериментальные результаты без привлечения дополнительных механизмов формирования ФП в фоторезисторе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фотоприемники видимого и ИК-излучения / Под ред. Р.Дж. Кисса. Пер. с англ. под ред. В.И. Стафеева. М.: Радио и связь, 1985. 325 с.
2. Приемные устройства ИК-систем / П.А. Богомолов, В.И. Сидоров, И.Ф. Услоцев. М.: Радио и связь, 1987. 208 с.
3. Вайнштейн С.Н., Левинштейн М.Е. Подавление светом 1/f шума в арсениде галлия // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13, №11. С. 645–648.
4. Давыдов В.Н. Фотоэлектрические свойства и фотоиндуцированные измерения в структуре n-GaAs-стекло-металл // Изв. вузов. Физика. 1996. №8. С. 6–12.

ФЛУКТУАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ФОТОРЕЗИСТОРОВ ИЗ CDSE В УСЛОВИЯХ ЗАСВЕТКИ

К.В. Францев, В.Н. Давыдов, проф. каф. ЭП

Научный руководитель В.Н. Давыдов, проф. каф. ЭП, д.ф.-м.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, dvn@fet.tusur.ru

Проект ГПО ЭП-0709

При регистрации слабого светового потока важным фактором является фоновая засветка, попадающая в апертуру фотоприемного устройства (ФПУ). Она может изменить не только сигнал, но и шум как по величине, так и по форме [1, 2]. Экспериментально установлено, что шум фоторезисторов (ФР) из CdSe может быть уменьшен в несколько раз при совместном действии на него фоновой засветки и постоянного напряжения смещения фоторезистора [3]. Однако объяснения этому эффекту до сих пор не найдено.

Целью данной работы является расчет спектральной плотности шума фоторезистора при действии фоновой засветки и постоянного напряжения смещения с учетом схемы входной цепи ФПУ.

Расчет спектра шума. На рис. 1 показана спектральная плотность шума фоторезистора $U_{uf} = \sqrt{U_{uf}^2}$ из CdSe при напряжении на нем $V=4B$, указывающая на то, что данный шум по своей природе является избыточным. Он формируется наложением генерационно-рекомбинационных (ГР) шумов от хвостов состояний, поверхностных состояний и частично ГР переходов через уровни дефектов в объеме полупроводниковой пленки CdSe. Для нахождения величины ГР шума воспользуемся методикой расчета напряжения на входе фоторезисторного ФПУ за счет флуктуаций числа свободных носителей заряда в зонах разрешенных значений энергии [3].

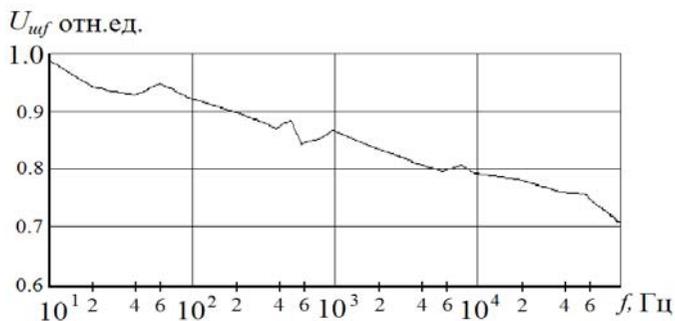


Рис. 1. Спектральная плотность шума ФР из CdSe

Это дает выражение:

$$U(V,t) = V \frac{R^0 + \delta R(t)}{R^0 + \delta R(t) + r} = V \left(\frac{R^0}{R^0 + r} \right) \frac{\left(1 + \frac{\delta R(t)}{R^0} \right)}{\left(1 + \frac{\delta R(t)}{R^0 + r} \right)},$$

флуктуационная составляющая которого равна

$$\delta U(V,t) \cong V \left(\frac{R^0}{R^0 + r} \right) \left(\frac{r}{R^0 + r} \right) \frac{\delta R(t)}{R^0}. \quad (1)$$

Здесь $\delta R(t)$ – флуктуация сопротивления ФР за счет случайной ГР свободных носителей заряда в зонах разрешенных значений энергии по механизму Шокли–Рида–Холла с участием одного из перечисленных выше электронных состояний R^0 и r – темновое сопротивление ФР и сопротивления нагрузки соответственно.

Теперь будем считать, что на полупроводник действует фоновая засветка. Как и в случае расчета фотопроводимости, введем в выражение (1) зависимость от P_ϕ в величины R^0 , сделав замену: $R^0 \rightarrow R^0 + \Delta R(P_\phi)$. В результате линеаризации выражения (1) по малой мощности фоновой засветки получим

$$\delta U(t) \cong V \left(\frac{r \cdot R^0}{(R^0 + r)^2} \right) \cdot \left[1 - \left(\frac{2R^0}{R^0 + r} \right) \cdot ABP_\phi \right] \cdot \left(\frac{\mu_n \delta n(t) + \mu_p \delta p(t)}{\mu_n n_0 + \mu_p p_0} \right). \quad (2)$$

Рассчитав автокорреляционную функцию случайного процесса $\delta U(t)$ и воспользовавшись теоремой Винера–Хинчина, найдем дисперсию шумового напряжения, вызванного ГР процессами через моноэнергетические уровни энергии полупроводника:

$$\begin{aligned} \overline{U_{ш}^2(V, P_\phi)} \approx V^2 \left(\frac{R^0 r}{(R^0 + r)^2} \right)^2 \cdot \left[1 - \left(\frac{2R^0}{R^0 + r} \right) \cdot ABP_\phi \right]^2 \times \\ \times \left(\frac{4\tau_{n,p}}{1 + \omega^2 \tau_{n,p}^2} \right) \cdot \frac{\mu_n^2 \overline{\delta N^2} + \mu_p^2 \overline{\delta P^2}}{\mu_n^2 N_0^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь $\tau_{n,p}(E)$ – время захвата носителей заряда; $\omega = 2\pi f$; f – частота измерения шума; N_0 , $\overline{\delta N^2}$ – число электронов и дисперсия их

числа соответственно, $\overline{\delta P^2}$ – дисперсия флуктуаций числа дырок. Дисперсию избыточного шума ФР получим, проинтегрировав (3) по запрещенной зоне ΔE , примесные и дефектные уровни в которой определены подобно модели Мота–Девиса (рис. 2).

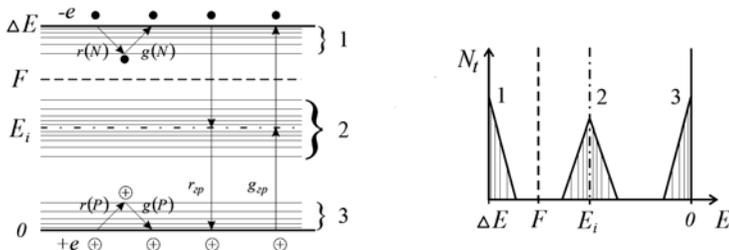


Рис. 2. Энергетическое положение и концентрация примесных уровней в ФР из CdSe

Исходя из (3), получим выражение для дисперсии избыточного шума за счет процессов случайного захвата-выброса носителей заряда на состояния в хвостах зон и в объеме, а также на поверхностные состояния (ПС) освещаемой и тыловой поверхностей полупроводника.

Для расчета дисперсий числа носителей заряда воспользуемся теоремой Лэкса, согласно которой указанные параметры определяются как произведение концентраций перезаряжающихся центров на их функции Ферми–Дирака для электронов $f_t(E)$ и дырок $(1-f_t(E))$.

Тогда выражение для спектра шума РФ будет

$$U_{uf} \cong V \left(\frac{R^0 r}{(R^0 + r)^2} \right) \cdot \left[1 - \left(\frac{2R^0}{r + R^0} \right) \cdot AB \cdot P_\phi \right] \times \\ \times \sqrt{\left(\frac{\mu_n^2 + \mu_p^2}{\mu_n^2} \right)} \int_0^{\Delta E} \left(\frac{4\tau_{n,p}(E)}{1 + \omega^2 \tau_{n,p}^2(E)} \right) \frac{N_t(E)}{N_0^2} f_t(E) (1 - f_t(E)) dE. \quad (4)$$

Оно показывает, что шум, вызванный флуктуацией числа частиц по механизму Шокли–Рида–Холла, зависит от параметров входной цепи схемы регистрации, линейно возрастает с увеличением напряжения смещения и уменьшается с ростом мощности фоновой засветки во всем диапазоне напряжений V . Произведение функций заполнения электронного состояния носителями заряда имеет максимум в зависимости от энергии состояния и напряжения смещения, а не минимум. Значит, теоретическая зависимость шума от P_ϕ и V не совпадает с экспериментальной зависимостью $U_{uf}(V)$ (см. [3], где обнаружен ми-

нимум при определенных значениях P_{ϕ}). Анализ выражения (4) показывает, что требуемый минимум на теоретической зависимости $U_{\text{эф}}(V)$ может иметь место, если концентрация состояний $N_t(E)$, например состояний 2 на рис. 2, будет иметь минимум, глубина которого описывается экстремальной зависимостью $N_t(E)$ от мощности P_{ϕ} . Физически из этого вывода следует, что в полупроводнике CdSe при определенных условиях допускается протекание фотоструктурных преобразований, вызванных захватом примесными состояниями неравновесных дырок. Если такой захват приведет к их исчезновению (изменений энергии активации) из запрещенной зоны, то исчезнет процесс перезарядки этих состояний с одной из зон разрешенных значений энергии и уменьшится шум. Возможность подобных реакций в другом полупроводнике CdS обсуждалась в [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Фотоприемники видимого и ИК-излучения / Под ред. Р.Дж. Кнесса: Пер. с англ. под ред. В.И. Стафеева. М.: Радио и связь, 1985. 325 с.
2. Приемные устройства ИК-систем. П.А. Богомолов, В.И. Сидоров, И.Ф. Усольцев. М.: Радио и связь, 1987. 208 с.
3. Давыдов В.Н., Гребенников А.С., Егорова И.А. Шумовые свойства фоторезисторов на основе селенида кадмия при фоновой подсветке // Изв. вузов. Физика. 2012. №2. С. 90–96.
4. Физика соединений $A^{\text{II}}B^{\text{VI}}$ / Под ред. А.Н. Георгобиани, М.К. Шейкмана. М.: Наука, 1986. 320 с.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ФОТОТОКА В КРИСТАЛЛЕ $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Fe}$ ПРИ ЗАСВЕТКЕ ИК-ИЗЛУЧЕНИЕМ

А.Н. Гребенчуков, студент 5-го курса каф. ЭП

Научный руководитель М.Г. Кистенева, доцент, к.ф.-м.н.

г. Томск, ТУСУР, grebenchukov_a@mail.ru

Благодаря хорошим фоторефрактивным и фоточувствительным свойствам кристаллы класса силленитов используются в качестве функциональной среды в устройствах динамической голографии, для записи и хранения информации и светомодулирующих устройствах различного типа [1]. Фоторефрактивный эффект в кристаллах силленитов связывают с наличием мелких и глубоких уровней в запрещенной зоне. Информацию о таких центрах дает, в частности, изучение реакции фотоэлектрических и электрических свойств силленитов на термическое воздействие [2].

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований температурной зависимости фототока, наблюдаемого в диапазоне температур 293–443 К при засветке излучением с длиной волны $\lambda=800$ нм легированного железом кристалла титаната висмута ($\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Fe}$), в условиях приложенного внешнего постоянного электрического поля.

В экспериментах исследовался монокристаллический образец $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Fe}$, имеющий размеры $d = 6$ мм и $l = 4,5$ мм вдоль кристаллографических направлений [001] и [100] соответственно. Кристалл с помощью медного держателя закреплялся на температурном модуле, выполненном из монолитного медного стержня, нагреваемого до температуры ~ 425 К со средней скоростью ~ 2 К/мин. Процесс охлаждения происходил естественным образом до достижения комнатной температуры. Данные о температуре кристалла регистрировались с помощью калиброванной термопары медь–константан.

В экспериментах по исследованию фотопроводимости пучком света, распространяющимся вдоль оси [100] образца, засвечивалась вся межэлектродная область. В качестве источника засветки использовались светодиоды с центральными длинами волн $\lambda = 800$ и 515 нм. Перпендикулярно направлению распространения пучка к кристаллу прикладывалось постоянное внешнее электрическое напряжение $U_{кр}=1$ кВ с помощью электродов графит–золото, нанесенных на его параллельные грани (001). Все эксперименты проводились в отсутствие дополнительного внешнего освещения.

Проведенные исследования температурной зависимости фототока $I_{ph}(T)$ при освещении кристалла $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Fe}$ ИК-излучением показали, что его величина увеличивается с ростом температуры в диапазоне 293–443 К, причем этот процесс характеризуется энергией активации $\sim 0,57$ эВ. Температурный гистерезис для кривых $I_{ph}(T)$ в цикле «нагрев–охлаждение» отсутствует.

Результаты исследования влияния предварительного облучения кристалла $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Fe}$ светом с длиной волны $\lambda = 515$ нм на температурную зависимость фототока, вызванного в нем ИК-излучением, иллюстрируются рис. 1. На рис. 1, а точками представлены экспериментальные температурные зависимости фототока, индуцируемого ИК-излучением в исследуемом кристалле после его предварительной экспозиции при комнатной температуре светом с длиной волны 515 нм в течение 15 минут. Как следует из данного рисунка, фототок в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Fe}$, подвергнутом облучению зеленым светом, также увеличивается с температурой, причем его значения превышают наблюдаемые в необлученном образце во всем исследованном диапазоне температур 293–443 К. Полученные зависимости $I_{ph}(T)$ характеризуют-

ся значительным температурным гистерезисом для цикла «нагрев–охлаждение».

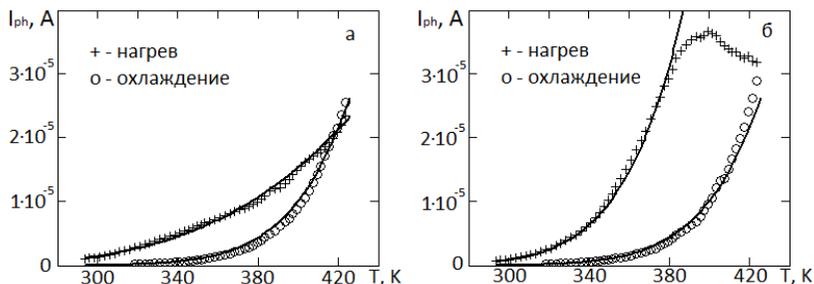


Рис. 1. Экспериментальные и расчетные температурные зависимости фототока в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}:\text{Fe}$ после его предварительного облучения светом с $\lambda = 515$ нм: *а* – при комнатной температуре в течение 15 мин; *б* – при нагреве от 293 до 443 К в течение 120 мин. Крестики и кружки – экспериментальные данные для нагрева и охлаждения; сплошные линии – расчетные зависимости

Получено, что экспериментальная температурная зависимость ИК-фототока в диапазоне температур $T = 293\text{--}425$ К в режиме нагрева удовлетворительно описывается биэкспоненциальной функцией вида

$$I_{ph} = I_{ph11} \exp(-rT) \exp\left(-\frac{E_{11}}{k_B T}\right) + I_{ph12} \exp\left(-\frac{E_{12}}{k_B T}\right)$$

с параметрами $r = 0,0085$, $I_{ph11} = 3,65$ А и $I_{ph12} = 0,956$ А и значениями энергий активации $E_{11} = 0,315$ эВ и $E_{12} = 0,445$ эВ. В режиме охлаждения экспериментальную температурную зависимость фототока можно описать уравнением Аррениуса с энергией активации $\sim 0,547$ эВ (см. сплошные кривые на рис. 1, *а*).

На рис. 1, *б* представлены температурные зависимости ИК-фототока для случая, когда сначала проводилась предварительная экспозиция образца светом с $\lambda = 515$ нм продолжительностью 120 мин в течение цикла его непрерывного нагрева от 293 до 443 К. Затем кристалл охлаждался до комнатной температуры в темновых условиях и далее измерялась температурная зависимость ИК-фототока. В этом случае наблюдалось значительное увеличение фототока по сравнению с необлученным образцом и изменение характера его температурной зависимости. ИК-фототок в режиме нагрева увеличивается для температур от 293 до 400 К; этот участок характеризуется энергией активации $\sim 0,44$ эВ. В диапазоне 400–443 К наблюдается уменьшение фототока с температурой. Наблюдаемые в этом случае зависимости также характеризуются значительным температурным гистерезисом.

Характерно, что в режиме охлаждения фототок имеет близкие значения в обоих исследованных режимах предварительной экспозиции кристалла излучением из зеленой области спектра.

Таким образом, показано, что предварительное облучение кристалла $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}\text{:Fe}$ светом с $\lambda = 515$ нм приводит к увеличению ИК-фототока во всем исследованном диапазоне температур. Особенности поведения кривых $I_{ph}(T)$ могут быть связаны с перераспределением электронов между дефектными центрами в процессе облучения и изменения температуры образца.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2012 г. (проект № 7.2647.2011) и при поддержке РФФИ (грант № 12-02-90038-Бел_а). Автор благодарит М.Г. Кистеневу за постановку задачи и полезные консультации и В.В. Поздеева за помощь в создании экспериментальной установки и проведении экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров М.П., Степанов С.И., Хоменко А.В. Фоторефрактивные кристаллы в когерентной оптике. СПб.: Наука, 1992. 318 с.
2. Панченко Т.В. Фото- и термоиндуцированное оптическое поглощение и фотопроводимость кристаллов силленитов // Физика твердого тела. 2000. Т. 42, вып. 4. С. 641–646.

СВЕТОДИОДНЫЙ СВЕТИЛЬНИК ДЛЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

*С.Ю. Хотненко, студент каф. ПрЭ
г. Томск, ТУСУР, Khotnenok@mail.ru*

В настоящее время для питания светодиодных светильников от сети ~220 В используются специализированные импульсные преобразователи. Электролитические конденсаторы, входящие в их состав, ненадежны и срок их службы определяет срок службы всего устройства. В данной статье рассматриваются известные схемы питания светодиодов, не использующие электролиты, проводится их анализ. На основании анализа существующих решений предлагается схема светодиодного модуля с оригинальной схемой управления, отличающаяся повышенной надежностью.

Сегодня для решения задач освещения в силу низкого энергопотребления, долгого срока службы, безопасности применения и утилизации все чаще используются светодиодные светильники. В основе современного светильника лежит излучающий модуль, состоящий из последовательно, параллельно или последовательно-параллельно включенных светодиодов, количество которых подбирается таким об-

разом, чтобы световой поток, создаваемый светодиодами, обеспечивал нужную освещенность. Так как стоимость светодиодного светильника состоит на треть из стоимости излучающего модуля (светодиодов), разработчики стремятся уменьшить количество светодиодов в светильнике за счёт увеличения плотности тока. Но, в силу особенностей светодиодов белого свечения на основе кристаллов GaN/InGaN [1], это ведет к уменьшению светоотдачи. Учитывая это, разработчик должен находить компромисс между стоимостью изделия и качеством изделия.

Кроме того, в реальных осветительных системах есть ряд проблем, связанных с надежностью источников питания (драйверов) излучающего модуля от сети ~220 В, особенно при повышенных температурах окружающей среды.

Исследования [2] ставили перед собой цель выявить зависимость срока службы драйвера от температуры. Результаты исследования показали, что электролитические конденсаторы, используемые в драйвере, имеют относительно небольшой срок жизни в светильнике, и, по сути, определяют срок жизни всего устройства. Проблема заключается в том, что когда через конденсаторы протекает пульсирующий ток, в них возникает электрострикционный эффект – напряжение концентрируется вокруг контура внешнего электрода и вызывает механические искажения конденсатора. Под влиянием электрострикционного эффекта, высокой температуры и высокого напряжения на них со временем возникают трещины, способные привести к короткому замыканию и выходу устройства из строя [2].

Проблема электролитических конденсаторов является своего рода «бутылочным горлышком» светодиодного освещения, ограничивая срок службы светильника. Тем не менее драйверы не могут функционировать без конденсаторов большой ёмкости. Существуют так называемые «бездрайверные» светодиодные модули, светодиоды в которых питаются слабо стабилизированным током от сети ~220 В. Светодиоды таких светильников будут давать пульсирующий свет. Этот факт резко сокращает сферу применения таких модулей. Нормы пульсаций освещения в нашей стране, установленные [3], разрешают использовать такие источники света в местах, где не требуется зрительная деятельность людей (проходы, лестничные площадки, лифты).

Простейшей схемой преобразователя для питания светодиодов переменным током является двухполупериодный мостовой выпрямитель с ограничительным сопротивлением и сглаживающим С-фильтром. Основным преимуществом такой схемы являются низкая цена и простота изготовления схемы. Также среди положительных качеств хорошая электромагнитная совместимость таких устройств и высокая устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энер-

гии. Слабые стороны такого технического решения – это невысокая светоотдача, большие пульсации света и отсутствие стабилизации тока.

Второй вариант питания светодиодной матрицы от сети ~ 220 В без электролитов, а с использованием линейных стабилизаторов тока. Принцип работы таких стабилизаторов заключается в ограничении тока, протекающего в них, по заданному уровню. Их нагрузкой могут быть световые модули, состоящие из большого количества последовательно или последовательно-параллельно соединенных светодиодов, падение напряжения на которых составляет ~ 220 В. При возрастании напряжения в сети выше 220 В микросхема берет на себя излишнее напряжение, ограничивает ток. Светоотдача таких светильников при стабильном напряжении ниже, чем у светильников, построенных по схеме двухполупериодного выпрямителя, но есть у такого решения и преимущества. В нестабильных сетях ~ 220 В промышленных предприятий напряжение меняется от 210 В при включенных на полную мощность электрических агрегатах до 250 В к концу рабочего дня. Применение ограничителей тока позволяет повысить надежность светильников, и средняя светоотдача при большом разбросе питающего напряжения будет выше, чем у светильников со схемой двухполупериодного выпрямителя с балластным сопротивлением, рассмотренной выше.

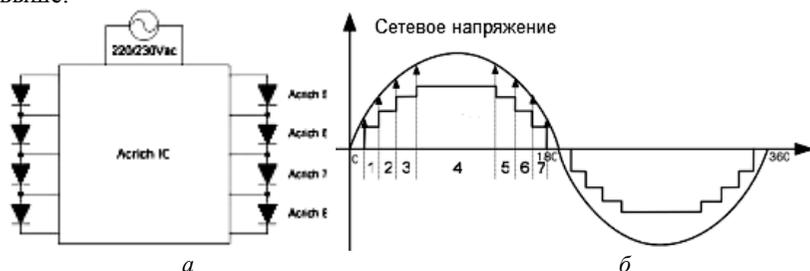


Рис. 1. Принцип управления – а;
уровень тока в зависимости от входного напряжения – б [4]

Третий вариант «бездрайверного» светильника предложила южнокорейская фирма Seoul Semiconductors, разработавшая светодиодный модуль Acrich 2 [4]. Модуль Acrich 2 состоит из нескольких цепочек высоковольтных светодиодов, коммутируемых интегральной схемой в зависимости от фазы входного напряжения сети (рис. 1). Такие модули имеют высокие технико-экономические показатели: высокую светоотдачу и сравнительно низкую стоимость. Принцип работы устройства поясняется на рис. 1.

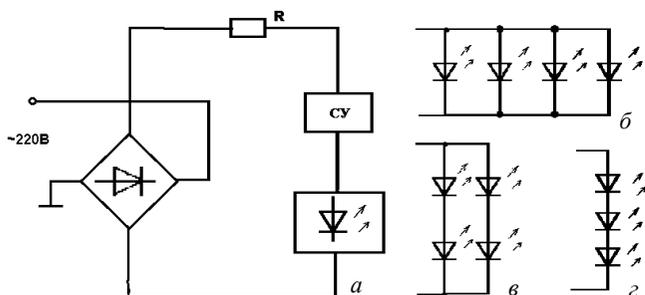


Рис. 2. Функциональная схема СИМ220 – а; варианты включения светодиодов – б–г

Учитывая приведённые выше выводы, автор предлагает схему светодиодного модуля, в котором в качестве излучающего модуля будет использоваться матрица светодиодов, светодиоды в которой могут коммутироваться последовательно-параллельно в любой последовательности. Система управления светодиодной матрицей обеспечивает изменение включения светодиодов, так чтобы поддерживать одну плотность тока через светодиоды. Принцип действия модуля на примере матрицы светодиодов 2×2 приведен на рис. 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочкарева Н.И. Влияние хвостов локализованных состояний в InGaN на уменьшение эффективности GaN светодиодов с ростом плотности тока / Н.И. Бочкарева, В.В. Вороненков, Р.И. Горбунов и др. // Физика и техника полупроводников. 2012. Т. 46, № 8.
2. Наоуюки Кобаяши. Влияние конденсаторов на долговечность светодиодных приборов // Полупроводниковая светотехника. 2012. №3. С. 56–57.
3. СНиП 23-05-95*. Естественное и наружное освещение. М.: ОАО «Центр проектной продукции в строительстве», 2011. 69 с.
4. Бауер Л., Королев Г. Светодиодные модули Acrich 2, облегчающие жизнь светотехника // Полупроводниковая светотехника. 2012. №2. С. 22–24.

ИЗМЕНЕНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ПОГЛОЩЕНИИ В КРИСТАЛЛЕ СИЛИКАТА ВИСМУТА, ПОДВЕРГНУТОМ ОТЖИГУ И ЛАЗЕРНОЙ ЗАСВЕТКЕ

Е.С. Худякова, магистрант,

О.В. Головашко, В.В. Кошелева, студенты 4-го курса

*Проект ГПО ЭП-1203 – «Исследование термоиндуцированных явлений
в кристаллах силленитов»*

г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, lenoliya@rambler.ru

Как показано в [1], для кристаллов силиката висмута наблюдаются фото- и термоиндуцированные изменения в спектре оптического поглощения при импульсной лазерной засветке ИК-диапазона и после

отжига при температурах 230–375 °С соответственно. Эти изменения в оптическом поглощении сохраняются в течение нескольких недель.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований спектров оптического поглощения в диапазоне 400–1100 нм в нелегированных кристаллах силиката висмута $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (BSO) и их изменений, вызванных засветкой импульсным лазерным излучением с длинами волн $\lambda_1 = 1064$ нм и $\lambda_2 = 660$ нм, а также отжигом в воздушной атмосфере при температуре $T_{AA} = 330$ °С.

В экспериментах использовался кристалл BSO среза (100), выращенный методом Чохральского и имеющий толщину $d = 2,64$ мм. В экспериментах по влиянию отжига на оптическое поглощение нагрев кристалла проводился в воздушной атмосфере до температуры 330 °С в темновых условиях со скоростью ~ 2 К/мин. После достижения заданной температуры кристалл выдерживался в печи в течение 30 мин, а затем охлаждался естественным образом до комнатной температуры в течение более 10 ч.

Характерные экспериментальные спектры оптического поглощения для данного кристалла BSO показаны на рис. 1. Здесь кривая 1 соответствует исходному состоянию образца, а кривая 2 получена после отжига кристалла при температуре 330 °С в течение 30 мин. Спектральная зависимости $\Delta k(\lambda)$, полученная вычитанием коэффициентов поглощения, описываемых кривыми 2 (отожженный образец) и 1 (исходный образец), показанная на рис. 2 (кривая 1), демонстрирует резонансный характер наведенных изменений в поглощении. В этом спектре можно выделить четыре полосы с экстремумами при $\lambda_e = 560, 690, 750$ и 820 нм, проявляющиеся в результате отжига. Максимальные изменения оптического поглощения Δk_m , зафиксированные на длинах волн 560 и 700 нм, составили $\sim 0,19$ и $0,13$ см^{-1} при значениях коэффициента поглощения для исходного состояния $0,61$ и $0,27$ см^{-1} соответственно.

Для быстрого возвращения отожженного кристалла к спектральным характеристикам оптического поглощения, наблюдавшимся в исходном со-

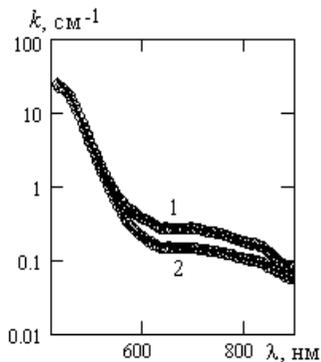


Рис. 1. Экспериментальные и расчетные спектральные зависимости коэффициента поглощения в кристалле BSO ($d = 2,64$ мм): 1 – в исходном состоянии; 2 – после отжига в воздушной атмосфере при $T_{AA} = 330$ °С в течение 30 мин. Кружки – экспериментальные данные, сплошные линии – расчетные зависимости

стоянии, он засвечивался видимым излучением с длиной волны 660 нм со средней интенсивностью $1,6 \text{ мВт/см}^2$ в течение 15 мин.

В экспериментах по влиянию излучения ближнего ИК-диапазона на оптическое поглощение фотоиндуцированные изменения оптического поглощения наводились лазерными импульсами с длительностью 10 нс, частотой следования 10 кГц и средней интенсивностью излучения $\sim 364 \text{ мВт/см}^2$ на длине волны 1064 нм в течение 40 мин. Экспериментальные исследования показали, что облучение кристалла BSO лазерными ИК-импульсами также приводит к уменьшению его оптического поглощения в спектральной области от 480 до 900 нм.

Спектральная зависимость наведенных изменений в поглощении, полученная вычитанием коэффициентов поглощения в исходном состоянии и после облучения кристалла, показанная на рис. 2 (кривая 2), как и в случае отжига образца, демонстрирует резонансный характер $\Delta k(\lambda)$. В этом спектре проявляются четыре полосы с экстремумами на длинах волн, совпадающих с выявленными в результате отжига исследуемого кристалла значениями λ_e . Изменения оптического поглощения Δk на длинах волн 560 и 700 нм в этом случае составили около 0,10 и $0,08 \text{ см}^{-1}$ соответственно.

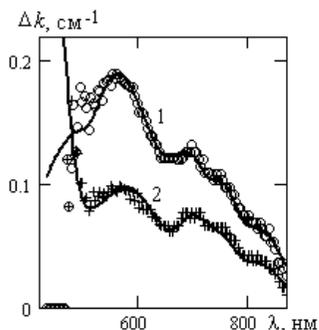


Рис. 2. Экспериментальные и расчетные спектральные зависимости изменений в оптическом поглощении в кристалле BSO ($d = 2,64 \text{ мм}$): 1 – после отжига в воздушной атмосфере при $T_{\text{дл}} = 330 \text{ С}$ в течение 30 мин; 2 – после облучения лазерными импульсами ($\lambda = 1064 \text{ нм}$) в течение 40 мин. Кружки и крестики – экспериментальные данные, сплошные линии – расчетные зависимости

Данные фотоиндуцированные изменения сохранялись в темновых условиях в течение более чем 10 дней. После облучения кристалла излучением с длиной волны 660 нм со средней интенсивностью $1,6 \text{ мВт/см}^2$ в течение 15 мин происходила релаксация оптического поглощения облученного образца BSO к исходному состоянию.

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 [2], так и внутрицентровых переходов [1]. Сплошные кривые на рис. 1 и 2 учитывают пять внутрицентровых переходов с гауссовскими спектральными характеристиками с максимумами при

энергиях 1,50; 1,63; 1,77; 2,15 и 2,41 эВ. Для переходов электронов в зону проводимости учтены шесть центров со средними значениями энергии ионизации 0,82; 1,22; 1,60; 1,91, 2,16 и 2,70 эВ. Получено, что просветление кристалла BSO в результате ИК-засветки и отжига обусловлено в основном уменьшением вклада внутрицентровых переходов.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2012 г. (проект № 7.2647.2011) и при поддержке РФФИ и БРФФИ (грант № 12-02-90038-Бел_а). Авторы благодарят М.Г. Кистеневу за постановку задачи и руководство и С.М. Шандарова за полезные консультации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kisteneva M.G., Akrestina A.S, Shandarov S.M., et al. // Holography and Speckle. 2009. Vol. 5, №3. P. 280–285.
2. Толстик А.Л., Матусевич А.Ю., Кистенева М.Г. и др. // Квантовая электроника. 2007. Т. 37, № 11. С. 1027–1032.

ОЦЕНКА РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ КОНФОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ

***М.А. Корелина, магистрант каф. ОИТ НГТУ,
В.С. Терентьев, ст.н.с. ИАиЭ СО РАН, к.ф.-м.н.***

*Научный руководитель В.П. Бессмельцев, зав. лаб. ИАиЭ СО РАН, к.т.н.
г. Новосибирск, Новосибирский государственный технический
университет, Институт автоматики и электрометрии СО РАН
korelina-masha@mail.ru*

Впервые концепция построения конфокального микроскопа была разработана в середине 1950-х гг. аспирантом Гарвардского университета Марвином Мински (Marvin Minsky). Но широкий интерес к этой области проявился лишь в 1980-х гг. благодаря бурному развитию компьютерной и лазерной технологий. Сегодня конфокальные микроскопы являются незаменимым инструментом для широкого спектра исследований как в науке, так и на производстве.

Конфокальный микроскоп («конфокальный» означает «софокусный») позволяет получить оптическое изображение одной точки в объеме прозрачного объекта, не несущее информации об окружающих внефокусных областях, за счет диафрагмы, оптически сопряженной с фокальной плоскостью объектива. Конфокальные изображения называют оптическими сечениями. Они позволяют изучить 3D-структуру материала. Синтез трехмерного изображения достигается путем послойного последовательного сканирования по всему объему образца. Высокая контрастность изображений, полученных на конфокальном

микроскопе, позволила значительно расширить круг задач, изучаемых оптическими методами [1].

Однако при исследовании объектов, имеющих большую площадь, время получения 1 слоя данных становится нерационально большим (например, сканирование 1 мм^2 с разрешением 100 нм при частоте сканирования 1000 строк/с занимает $1,5 \text{ мин}$, соответственно, 10 мм^3 будут сканироваться более 2 ч). Поэтому для исследования 3D-объектов с высоким пространственным разрешением необходимо существенно увеличить быстродействие системы. Методом решения этой проблемы может стать распараллеливание процесса на N зон, где N больше 100 .

В Институте автоматики и электрометрии СО РАН разрабатывается многоканальная конфокальная система с матричным освещением. Матрица лазерных пучков 25×25 создается с помощью киноформного мультипликатора и соответствующих микродиафрагм. Диаметр сфокусированных в плоскости изображения пучков $d \leq 1 \text{ мкм}$, расстояние между пучками $a \approx 5 \text{ мкм}$ (рис. 1). При разработке системы необходимо выполнить оценку шума (фонового излучения), попадающего в каждый элемент объекта сканирования, с учетом расфокусировки. Для этого определяется влияние соседних освещенных элементов объекта на основной. Влияние элементов, расположенных на больших расстояниях, не учитывается.

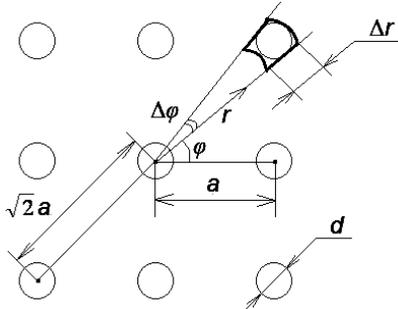


Рис. 1. Фрагмент матрицы диафрагм

Интенсивность рассчитывается по формулам (1) и (2) для соседнего и диагонального отверстий соответственно [2].

$$I_1 = \left(\frac{\omega_0}{\alpha(z_1(z_2))} \right)^2 2 \operatorname{arctg} \left(\frac{d}{2a} \right) \int_{a-d/2}^{a+d/2} \frac{1}{E} \left| \frac{2\pi i (D/2)^2}{\lambda f^2} \int_0^1 J_0(\nu \rho) \exp \left(-\frac{1}{2} i \nu \rho^2 \right) \rho d\rho \right|^2 r dr, \quad (1)$$

$$I_2 = \left(\frac{\omega_0}{\alpha(z_1(z_2))} \right)^2 2 \operatorname{arctg} \left(\frac{d}{2\sqrt{2}a} \right) \int_{\sqrt{2}a-d/2}^{\sqrt{2}a+d/2} \frac{1}{E} \left| \frac{2\pi i (D/2)^2}{\lambda f^2} \int_0^1 J_0(\nu \rho) \exp \left(-\frac{1}{2} i \nu \rho^2 \right) \rho d\rho \right|^2 r dr. \quad (2)$$

Интегралы были численно определены. По результатам расчетов построены графики зависимости суммарного шума от сдвига из положения фокуса $I_{\Sigma}(z_1(z_2))$ для некоторых значений a и d (с учетом увели-

чения системы $60\times$) для трех используемых длин волн ($\lambda_1 = 630$ нм, $\lambda_2 = 532$ нм, $\lambda_3 = 488$ нм) (рис. 2).

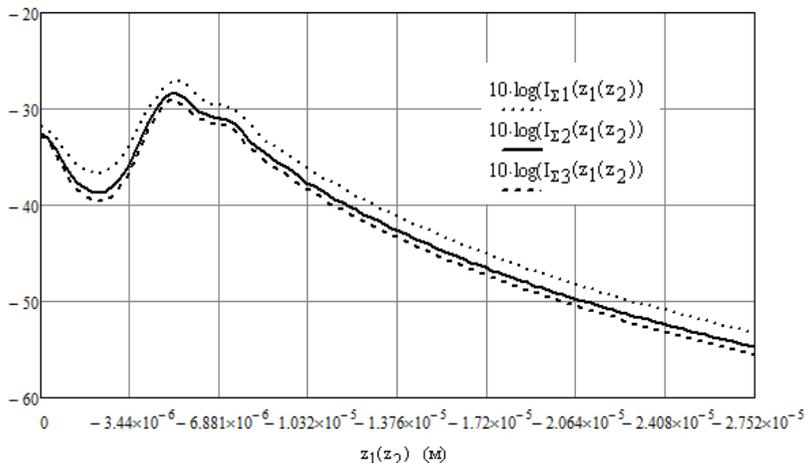


Рис. 2. Зависимость суммарного шума от сдвига из положения фокуса $I_S(z_1(z_2))$ для $a = 300$ мкм и $d = 80$ мкм (с учетом увеличения системы $60\times$) для трех используемых длин волн

Показано, что уровень фонового излучения, попадающего в каждую приемную диафрагму, с учетом расфокусировки, не превышает 25 дБ ($\sim 0,003\%$) для матрицы диафрагм с диаметром отверстий $d = 1$ мкм и расстоянием между ними $a = 5$ мкм. Это дает возможность работать в многоканальном режиме с 625 лазерными лучами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Minsky M. Memoir on inventing the confocal scanning microscope // Scanning. 1988. Vol. 10. P. 128–138.
2. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. 2-е изд. М.: Наука, 1973.

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАРЯДА ПРОПУСКАЮЩИХ ГОЛОГРАММ В КРИСТАЛЛЕ $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$

К.М. Мамбетова, аспирант, м.н.с.,

Н.Н. Смаль, А.К. Зимина, И.А. Егорова, студенты

г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, kseniam-89@mail.ru

При фотовозбуждении сегнетоэлектрических кристаллов в объеме последних могут наводиться внутренние электрические поля большой

напряженности (до 50–100 кВ/см), приводящие к эмиссии электронов с их поверхности. В статье [1] разработана модель, позволяющая объяснить фокусировку электронов при эмиссии с поверхности ниобата лития за счет пьезоэлектрического эффекта. Для её реализации кристаллы в экспериментах нагревались или облучались лазером. Нагрев кристалла путем пропускания тока через резистор, закрепленный на грани $+z$ кристалла, приводил к пьезоэлектрическому эффекту, изменяя электрическую поляризацию в ответ на изменение температуры. Облучение кристалла твердотельным лазером с непрерывной диодной накачкой ($\lambda=532$ нм и $P=10$ мВт) вызывало фотогальванический ток, который создавал заряды на поверхности кристалла $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$. В обоих случаях полярные концы кристалла становились электрически заряженными и создавали самофокусирующиеся электронные пучки, которые отображались на люминесцентном экране из ZnS . Кроме того, в работе [1], с использованием описанного пьезоэлектрического эффекта, была продемонстрирована генерация рентгеновского излучения. Авторами работы [2] показано, что за счет фотогальванического эффекта можно реализовать периодическое движение макроскопического кристалла ниобата лития. Этот эффект движения был применен ими для создания полностью оптической подвижной решетки интерференционного типа, пригодной для оптического захвата и транспортировки микроорганизмов морской водоросли хлореллы, разведенной в воде до концентрации 27×10^4 мл $^{-1}$.

В настоящей работе представлены результаты экспериментов по наблюдению немонотонной динамики дифракционной эффективности фоторефрактивной голограммы, формируемой двумя лазерными пучками с длиной волны 532 нм в легированном медью кристалле ниобата лития ($\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$), находящемся в воздушной среде при атмосферном давлении, которая может быть связана со скачками напряженности электрического поля голограммы, обусловленными эмиссией электронов.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Луч света от одночастотного твердотельного лазера с длиной волны $\lambda_w = 532$ нм и мощностью $P_0 = 40$ мВт, проходя коллиматор КЛ, расширялся до необходимого диаметра и расщеплялся на два пучка светоделительным кубиком СК. Эти пучки с помощью призмы полного внутреннего отражения сводились под углом $12, \Lambda 5^\circ$ в кристалле $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ Y -срезы с толщиной $d = 2$ мм, формируя интерференционную картину с пространственным периодом $\Lambda = 2,44$ мкм. Голографическая решетка с вектором \mathbf{K} , параллельным полярной оси Z , формировалась благодаря фоторефрактивному эффекту. Векторы поляризации записывающих волн ориентировались вдоль оси Z кристалла. Счи-

тывание фоторефрактивной решетки в процессе её формирования осуществлялось методом брэгговской дифракции светового пучка с длиной волны $\lambda_r = 655$ нм, отличающейся от λ_w . Этот пучок излучался лазерным диодом с выходной мощностью $P_{ir} = 6$ мВт и вектором поляризации, ориентированным в различных экспериментах вдоль полярной оси Z или по оси X кристалла, и проходил через голографическую решетку под углом Брэгга $\theta_B = 7,7^\circ$ для считывающей длины волны. Фотодиоды ФД1 и ФД2 фиксировали мощности прошедшего через кристалл ниобата лития считывающего пучка от лазерного диода (с интенсивностью I_{rp}) и пучка, дифрагированного на записываемой решетке (с интенсивностью I_{rd}), соответственно. Цифровые микроамперметры типа В7-40/1, с помощью которых фиксировалась динамика изменения мощностей прошедшего и дифрагированного пучков, были связаны с компьютерной системой обработки данных.

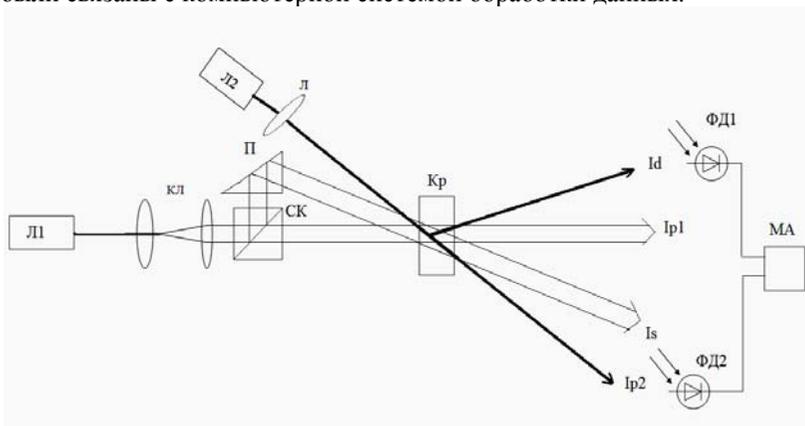


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: Л1 – твердотельный лазер ($\lambda_w = 532$ нм); КЛ – коллиматор; СК – светоделительный кубик; П – призма; Кр – исследуемый кристалл; Л2 – лазерный диод ($\lambda_r = 655$ нм); Л – линза; ФД1, ФД2 – фотодиоды; МА – микроамперметр

Коэффициент поглощения света в кристалле $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$ на длине волны $\lambda_w = 532$ нм оценивался нами из измерений, как $29,5 \text{ см}^{-1}$. Поэтому записывающее излучение, используемое для формирования голограммы, практически полностью поглощалось и не проходило через образец. Однако оптическое поглощение для считывающего излучения является достаточно слабым, что позволяет уверенно регистрировать динамику формирования фоторефрактивной голограммы. Характерные временные зависимости мощностей прошедшего и дифрагирован-

ного пучков с поляризацией вдоль оси Z , характеризующие динамику формирования фоторефрактивной пропускающей голограммы в кристалле, размещенном в воздушной среде при атмосферном давлении, представлены на рис. 2.

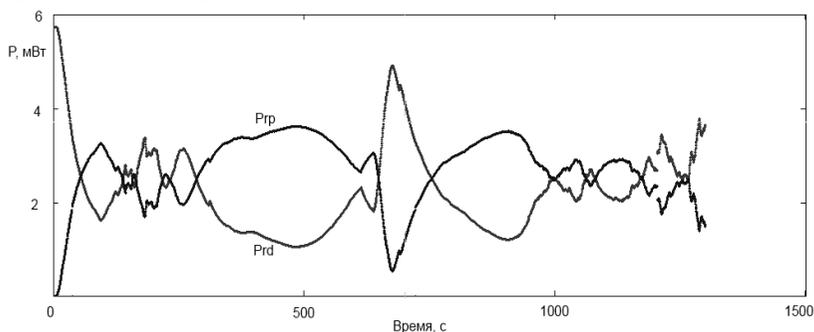


Рис. 2. Временная эволюция мощностей прошедшего $P_{rp}(t)$ и дифрагированного пучков $P_{rd}(t)$, считывающих голограмму, формируемую записывающими пучками в кристалле $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$

Как видно из рисунка, в данном случае наблюдаются резкие скачки мощностей обоих пучков в некоторые моменты времени. В большинстве случаев при таких скачках происходит уменьшение мощности дифрагированного пучка и её увеличение для прошедшего пучка. Это свидетельствует об уменьшении дифракционной эффективности голограммы, связанной со скачкообразным уменьшением амплитуды поля пространственного заряда.

Таким образом, резкие скачки дифракционной эффективности фоторефрактивной голограммы, зафиксированные на рис. 2, могут быть обусловлены электрическими пробоями в воздушной среде, когда амплитуда поля пространственного заряда на границе кристалла достигает значений, превышающих электрическую прочность воздуха.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2013 г. (проект № 7.2647.2011) и при поддержке РФФИ (грант № 12-02-90038-Бел_а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Kukhtarev N., Kukhtareva J.D.T., Bayssie M. et al. Generation of focused electron beam by pyroelectric and photogalvanic crystals // J. Appl. Phys. Vol. 96, Number 11, 1 December 2004.
2. Kukhtarev N.V. Smart photogalvanic running-grating interferometer / N.V. Kukhtarev et al. // J. Appl. Phys. Vol. 97, 054301(2005).

ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТОЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

А.Б. Мишин

г. Орел, Академия ФСО России, abm@mail.ru

Для фильтрации изображений в реальном масштабе времени необходимы быстрые (не требующие значительных временных и технических ресурсов) алгоритмы фильтрации. Большинство известных эффективных методов фильтрации изображений требуют для своей работы значительных вычислительных ресурсов, что затрудняет их техническую реализацию для работы в режиме «реального времени». В связи с этим необходимым является применение параллельных вычислительных систем.

Рассмотрена схема реализации блока обработки изображения, позволяющая уменьшать шумы изображений, выделять контуры.

Для фильтрации окна изображения выполняется поэлементное перемножение матриц. Матрица, соответствующая маске фильтра должна быть транспонирована, и новое значение яркости центрального пикселя z получается при сложении элементов главной диагонали результирующей матрицы.

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b_{11} & b_{21} & b_{31} \\ b_{12} & b_{22} & b_{32} \\ b_{13} & b_{23} & b_{33} \end{bmatrix} = \\ & = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{12} + a_{13}b_{13} & & \\ & a_{21}b_{21} + a_{22}b_{22} + a_{23}b_{23} & \\ & & a_{31}b_{31} + a_{32}b_{32} + a_{33}b_{33} \end{bmatrix}, \\ & z = a_{11}b_{11} + a_{12}b_{12} + a_{13}b_{13} + a_{21}b_{21} + a_{22}b_{22} + a_{23}b_{23} + a_{31}b_{31} + a_{32}b_{32} + a_{33}b_{33}. \end{aligned} \quad (1)$$

Такой подход позволяет реализовать схему фильтрации изображения с использованием классической систолической структуры. Каждый процессорный элемент систолической структуры аккумулирует результат вычислений. В таком случае перемножение квадратных матриц размерностью 3 соответствует фильтрации изображения скользящим окном 3 на 3.

Анализ матричной, конвейерной и последовательной структур на примере обработки изображения маской 3 на 3 (рис. 1) показал, что для вычисления одного элемента результирующей матрицы достаточно 9 шагов. Для перемножения квадратных матриц размерностью 3 необходимо 9 процессорных элементов.

Выполнено моделирование схемы цифровой фильтрации в среде проектирования программируемых логических интегральных схем

ПЛИС фирмы ALTERA Max-Plus 2. Выбрана микросхема EPF10K20TC144-3 с числом эквивалентных вентилях 20000, что обеспечивает высокую скорость выполнения операций, необходимых для обработки цифровых сигналов.



Рис. 1. Сравнительный анализ матричной, конвейерной и последовательной структуры на примере обработки изображения маской 3 на 3

Схема ячейки процессорного элемента состоит из элемента умножения, сумматора, регистра. По тактовому сигналу в ячейку подается 8-разрядное значение элемента матрицы А (содержащей значения, эквивалентные яркости входного изображения), которое умножается на коэффициент фильтра В (значения маски фильтра матрицы). Результат от элемента умножения подается на модуль сумматора и складывается со значением от предыдущего вычисления значений результирующей матрицы. Запись результата в регистр происходит по низкому фронту тактового сигнала. Девять процессорных элементов систолического массива реализуют функцию умножения матриц, как это описано в формуле (1). Выходные значения суммируются по главной диагонали.

Анализ временной диаграммы показал, что результат перемножения матрицы появляется через 500 нс, т.е. за это время вычисляется новое значение яркости для 1 пикселя. При размере изображения 200 на 200 необходимо обработать 40000 пикселей, для этого понадобится 0,02 с, поэтому возможна обработка потока 24 кадра в 1 с.

Такое аппаратное решение задачи обработки изображения значительно увеличивает скорость обработки, а использование микросхем ПЛИС обеспечивает такую же гибкость реализации, как у программных продуктов.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБОРОВ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Д.А. Новиков, студент каф. ЭП

Научный руководитель В.Н. Давыдов, проф. каф. ЭП, д.ф.-м.н.

г. Томск, ТУСУР, dvn@fet.tusur.ru

Проект ГПО ЭП-0709

При разработке приборов микро- и нанoeлектроники необходим текущий контроль за параметрами полупроводниковых приборов и структур. Для этой цели используются измерительные методики, позволяющие контролировать наиболее важные параметры исследуемого объекта. К таким методикам можно отнести: измерение вольт-амперной характеристики, вольт-фарадной характеристики (ВФХ), измерение фотоЭДС, измерение шумовых характеристик приборов и др. Их точность возрастает при применении средств автоматизации. Отечественная промышленность не выпускает измерительные комплексы, сочетающие в себе набор информативных методик и способные работать под управлением программируемого модуля. Зарубежные автоматизированные комплексы дорогие, неремонтопригодные и плохо адаптируются к отечественным условиям. Это побуждает создавать аппаратно-программные комплексы под свои научные задачи.

Целью данной работы – доработка аппаратно-программного комплекса (АПК) в части измерения вольт-фарадной характеристики путем расширения его частотного диапазона с сохранением высокой точности и устранения долговременных изменений емкости.

Структурно комплекс состоит из аналогового и цифрового блоков, а также блока коммутации. В аналоговом блоке – наиболее трудном в реализации на аппаратном уровне, реализованы измерительные методики. Цифровой блок предназначен для управления работой АПК, приема и обработки информации. Предыдущая версия комплекса [1] создавалась как высокоточный многопрофильный прибор, что достигалось использованием отработанных схемных решений, зарубежной комплектации, печатным монтажом и ряда технических приемов, повышающих точность, надежность, стабильность, скорость его работы при низком энергопотреблении. В итоге достигнута рекордная для измерителей данного типа точность – менее 1% [1]. Так, для измерения ВФХ применено схемотехническое решение, по которому исследуемая емкость использовалась как входная емкость операционного усилителя – метод проходной емкости. Это позволило создать измеритель ВФХ с высокой точностью и линейностью амплитудной характеристик i_q от единиц пФ до нескольких сотен.

Однако в задачах, направленных на создание структур с квантовыми ямами, необходимы измерения ВФХ на разных частотах. Прототип же создаваемого автором АПК принципиально имел неравномерную амплитудно-частотную характеристику с завалом на низких частотах, что не позволяло проводить измерения на частотах ниже сотен кГц. Действительно, коэффициент усиления операционного усилителя (ОУ) G_1 с проходной емкостью неизвестной величины описывается выражением (рис. 1).

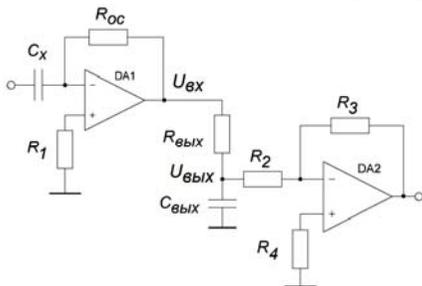


Рис. 1. Схема широкополосного усилителя измерителя ВФХ

$$G_1 = 1 + \frac{R_{oc}}{R_{ex}},$$

где R_{oc} и R_{ex} – сопротивление в цепи обратной связи и входное сопротивление ОУ соответственно. Первое сопротивление имело резистивный, а второе – емкостной характер $R_{ex} = 1/\omega C_x$.

Поэтому при больших R_{oc} имеем: $G_1 \approx R_{oc} \cdot \omega C_x$. Требуется аппаратными средствами расширить частный диапазон измерителя ВФХ, т.к. программное увеличение коэффициента усиления измерителя на низких частотах неизбежно приводит к резкому снижению точности. Более того, установлены долговременные (до десятков минут) изменения величины выходного напряжения измерителя.

Для расширения частотного диапазона и сохранения высокой точности измерения емкости, в том числе при долговременных измерениях, в доработанном варианте измерителя ВФХ предложено два новых решения: схемотехническое и конструктивно-метрологическое.

Первое решение. На выходе ОУ1 установить RC -делитель (см. рис. 1), коэффициент передачи которого равен

$$U_{ввых} = U_{вх} \frac{1/j\omega C_{ввых}}{R_{ввых} + 1/j\omega C_{ввых}} = \frac{1}{1 + j\omega\tau_{ввых}},$$

где $\tau_{ввых} = R_{ввых} C_{ввых}$. Поскольку фазовые изменения измерителем не отслеживаются, о величине выходного напряжения можно судить по его модулю, получаемому после квадратичного детектирования напряжения с RC делителя:

$$\left| \frac{U_{ввых}}{U_{вх}} \right| = \sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau_{ввых}^2}}.$$

Значит, если выбрать параметр $\tau_{\text{вых}}$ достаточно большим, чтобы на низшей частоте ω_{min} выполнялось условие: $\omega_{\text{min}}\tau_{\text{вых}}=10\div 100$, то по известному сопротивлению $R_{\text{вых}}$ определим необходимую емкость:

$$C_{\text{вых}} = \frac{10\div 100}{\omega_{\text{min}} R_{\text{вых}}}.$$

Так, при минимальной частоте измерения 10 кГц, сопротивлении $R_{\text{вых}}=160$ кОм и 10%-й точности измерения на граничной частоте получим $C_{\text{вых}}=1000$ пФ. Тогда в диапазоне (10÷1000) кГц

$$\left| \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} \right| \approx \frac{1}{\sqrt{\omega^2 \tau_{\text{вых}}^2}} = \frac{1}{\omega \tau_{\text{вых}}}.$$

В итоге общий коэффициент усиления измерителя емкости будет

$$G \approx R_{\text{oc}} \omega C_x \frac{1}{\omega R_{\text{вых}} C_{\text{вых}}} = \frac{R_{\text{oc}}}{R_{\text{вых}}} \frac{C_x}{C_{\text{вых}}}.$$

В реальных условиях общий коэффициент этой схемы усиления близок к единице. Поэтому целесообразно на выходе измерителя ВФХ поставить ОУ2 с полосой пропускания – (10÷1000) кГц и коэффициентом усиления $G_2 \sim 100$. На рис. 1 он выполнен на микросхеме DA2, например AD818. Так удастся расширить диапазон частот измерения емкости и сохранить высокую точность метода.

Замена метода измерения емкости на метод емкостного делителя [2] также расширила бы частотную характеристику измерителя ВФХ, но снизила бы точность измерения.

Второе решение. Для повышения долговременной стабильности результатов измерения емкости предлагается включить в состав модуля измерения емкости, наряду с описанными выше частотно-корректирующей RC – цепью и ОУ2, калибратор емкости. Данный калибратор перед началом измерений будет поочередно подключать к входу измерителя порядка десяти калиброванных емкостей C_k . Из значений выходного напряжения измерителя емкости при калибровке составляется калибровочная кривая $U_{\text{вых}}=U_{\text{вых}}(C_k)$. Аппроксимировав и экстраполировав ее известными методами (см., например, [3]), можно по измеренному выходному напряжению и заранее полученной калибровочной кривой найти неизвестную емкость C_x . Проводя калибровку (продолжительность не более 100 с) перед каждым измерением C_x , можно считать, что за время измерения ВФХ неизвестной емкости (продолжительность не более 100 с) параметры измерителя сколько-нибудь заметных изменений не претерпят.

Выводы. Экспериментально установлены долговременные релаксации выходного напряжения, а также ограничение частотного диапазона измерения ВФХ по методу проходной емкости, что не позволяет применять данный метод для полномасштабного исследования свойств и топологии наноразмерных гетероструктур.

Для расширения частотного диапазона измерителя ВФХ с сохранением его высокой точности предложено добавить на выходе частотно-корректирующую RC -цепь и операционный усилитель.

Для устранения долговременных нестабильностей измерителя ВФХ предложено дополнить его калибратором емкости и калибровать измеритель перед измерением. Величина неизвестной емкости будет определяться по калибровочной кривой, сглаженной, например, сплайн-функциями. Ввиду высокой скорости автоматизированного измерения емкости указанная процедура заметно не повлияет на продолжительность эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев Н.Г., Давыдов В.Н., Троян П.Е. Измерение емкости МДП-структуры с помощью дифференцирующего усилителя // Научная сессия ТУСУР–2006: Матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. 4–7 мая 2006 г., ч. 4. Томск, 2006. С. 77–80.
2. Войцеховский А.В., Давыдов В.Н. Фотоэлектрические МДП-структуры из узкозонных полупроводников. Томск: Радио и связь, 1990. 230 с.
3. Де Бор К. Практическое руководство по сплайнам. М.: Радио и связь, 1985. 304 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ КРИСТАЛЛОФИЗИКИ К ЗАДАЧАМ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

В.Л. Олейник, студент, В.Н. Давыдов, проф. каф. ЭП
Научный руководитель В.Н. Давыдов, проф. каф. ЭП, д.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, dvn@fet.tusur.ru
Проект ГПО ЭП-0709

Одно из направлений повышения эффективности светодиодных структур MQW на основе InGaN/GaN заключается в устранении поля спонтанной поляризации, приводящего к пространственному разделению электронов и дырок в квантовых ямах, что снижает вероятность их излучательной рекомбинации [1]. Поле имеет пьезоэлектрическую природу и присуще многим кристаллам гексагональной сингонии, а значит, этим свойством поляризации можно управлять, используя принципы кристаллофизики [2].

Цель работы заключается в разработке на основе принципов кристаллофизики методики устранения негативного поля спонтанной поляризации вещества квантовой ямы.

Исходные положения. Согласно принципу Неймана наличие поляризации в кристалле заданной точечной симметрии $G_{кр}^0$ возможно, если эта точечная группа является подгруппой точечной группы симметрии физического свойства $G_{фс}$: $G_{фс} \subset G_{кр}^0$. Однако если кристалл находится под внешним воздействием, характеризуемым точечной группой симметрии $G_{вoз}$, то, согласно принципу Кюри, его точечная группа симметрии изменяется до $G_{кр}^*$ и может быть найдена как произведение точечных групп симметрии кристалла и воздействия $G_{кр}^* = G_{кр}^0 \cap G_{вoз}$. Тогда принцип Неймана запишется в виде

$$G_{фс} \subset G_{кр}^0 \cap G_{вoз}. \quad (1)$$

Из этого следует алгоритм изменения симметрии кристалла, а значит, и его физических свойств: наложением симметрии внешнего воздействия изменить его точечную группу симметрии так, чтобы она не была подгруппой группы мешающего физического свойства.

Определение внешней симметрии. В применении к рассматриваемой проблеме устранения негативного влияния поля спонтанной поляризации \bar{P} в качестве нежелательного физического свойства кристалла выступает поле поляризации, характеризуемое точечной группой симметрии Кюри ∞m . Точечная группа симметрии кристаллов InGaN относится к гексагональной сингонии и имеет символ $6mm$. Температура кристалла, как внешнее воздействие, вызывающее поляризацию \bar{P} , имеет точечную группу симметрии Кюри $\infty\infty m$. По этой причине произведение точечных групп воздействия и кристалла будет $G_{кр}^* = G_{кр}^0 \cap G_{вoз} = 6mm \cap \infty\infty m = 6mm$. Это означает, что однородный нагрев кристалла не изменяет его точечную симметрию. Группа $G_{кр}^* = 6mm$ является подгруппой точечной группы симметрии полярного вектора \bar{P} . Значит, возникающая при нагреве поляризация будет направлена по оси симметрии шестого порядка и в рассматриваемом случае совпадет с направлением роста светодиодной структуры MQW. Заметим, что поляризация кристаллов при нагреве будет иметь место в кристаллах 10 точечных групп симметрии, определяемых следующим условием [3]:

$$\infty m \subset 1, 2, 3, 4, 6, m, mm2, 3m, 4mm, 6mm. \quad (2)$$

В качестве внешнего воздействия, изменяющего симметрию кристалла, выберем бесконтактное воздействие – однородное постоянное магнитное поле. Его точечная группа симметрии Кюри есть ∞/m , где ось симметрии бесконечного порядка совпадает с направлением аксиального вектора \vec{H} , а плоскость симметрии перпендикулярна этой оси. В зависимости от направления магнитного поля относительно оси симметрии 6-го порядка возможны три случая: они параллельны, они взаимно перпендикулярны и когда ориентированы под произвольным углом, не равным 0 или $\pi/2$. В первом случае произведение оси симметрии ∞ -го порядка на ось 6-го порядка даст ось 6-го порядка, и тогда из принципа Неймана (1) получим

$$\infty m \subset 6mm \cap_{\parallel 6} \infty/m = 6. \quad (3)$$

Это означает, что при ориентации магнитного поля по кристаллографическому направлению $[001]$ симметрия кристалла понизится до точечной группы 6, которая согласно (2) удовлетворяет принципу Неймана. Следовательно, в этом случае поляризация кристалла при нагреве сохранит свое направление и величину.

При перпендикулярном расположении магнитного поля относительно главной оси симметрии кристалла выражение (1) примет вид

$$\infty m \subset 6mm \cap_{\perp 6} \infty/m = m. \quad (4)$$

Как следует из полученного результата, взаимно перпендикулярная ориентация магнитного поля и главной оси симметрии кристалла приводит к снижению симметрии последнего до точечной группы m , в которой лежит ось симметрии 6-го порядка. Хотя группа m является подгруппой группы Кюри ∞m , ее отличие от группы 6 заключается в том, что в ней ориентация вектора \vec{P} привязана не к оси симметрии, а к плоскости, что допускает изменение ее направления относительно исходной ориентации в пределах плоскости m . Поэтому влияние такой поляризации может оказаться меньше исходного.

В случае произвольной ориентации магнитного поля относительно элементов симметрии точечной группы $6mm$ выражение (1) дает

$$\infty m \subset 6mm \cap \infty/m = 1. \quad (5)$$

Это означает, что при произвольном направлении магнитного поля вектор спонтанной поляризации пьезоэлектрического эффекта может быть направлен в любом направлении в кристалле и ничем не ограничен. Значит, в этом случае проекция вектора \vec{P} на направление роста светодиодной структуры MQW может только уменьшиться по сравнению со случаем отсутствия магнитного поля.

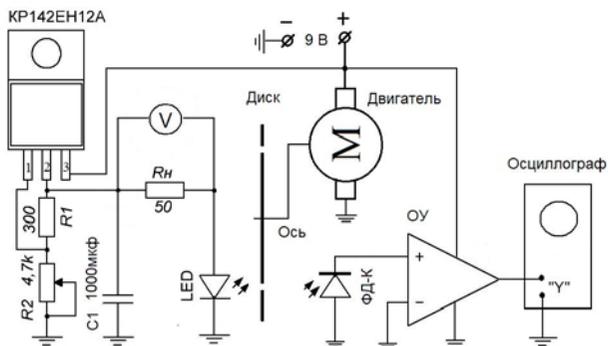


Рис. 1. Установка по исследованию влияния магнитного поля

Экспериментальная проверка. Для проверки полученных выводов собрана экспериментальная установка, позволяющая регистрировать величину мощности излучения светодиода (рис. 1). Исследуемый светодиод (LED) в виде MQW-структуры с регулируемым током располагался так, что имелась возможность прикладывать к нему магнитное поле различной ориентации. Модулятор излучения выполнен в виде диска с прорезями, который мог вращаться с частотой до 1 кГц. Регистрация излучения осуществлялась кремниевым фотодиодом (ФД-К), сигнал с которого после усиления (ОУ) поступал на осциллограф. Установка затенялась, что исключало влияние дневного освещения на результаты эксперимента. На рис. 2 представлена экспериментальная зависимость от времени мощности излучения светодиода до и после приложения магнитного поля ($t = 0$) величиной около 10^3 Э постоянного магнита. Видно, что после приложения поля мощность излучения асимптотически увеличивается в течение нескольких минут, стремясь к стационарному значению, примерно на 10% большему, чем без магнитного поля.

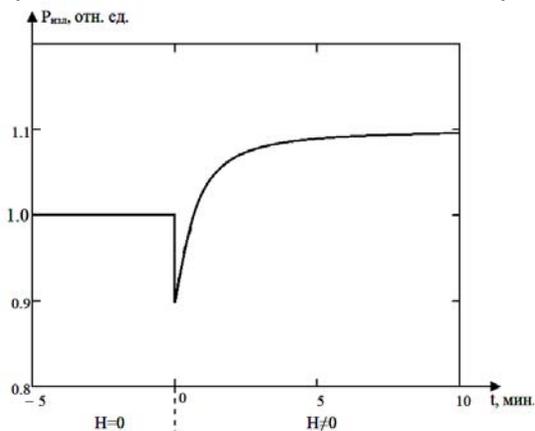


Рис. 2. Зависимость мощности излучения светодиода от магнитного поля

Выводы. Описана методика управления пирозлектрическим полем в кристаллах гексагональной сингонии, основанная на применении принципов кристаллофизики и позволяющая изменять симметрию кристаллов при внешних воздействиях. Определены ориентации магнитного поля, дающие возможность изменить направление поля поляризации. Получено экспериментальное подтверждение увеличения мощности излучения светодиодов в постоянном магнитном поле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов С.Ю. Оценка значений спонтанной поляризации и диэлектрических проницаемостей кристаллов AlN, GaN, InN, SiN // Физика твердого тела. 2009. Т. 51, №6. С. 1161–1164.
2. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1970. 654 с.
3. Давыдов В.Н. Материалы и элементы электронной техники. Ч. 1. Фундаментальные свойства кристаллических материалов: учеб. пособие. Томск: ТУСУР, ТМЦ ДО, 2003. 231 с.

ПИРО- И ПЬЕЗОЭФФЕКТЫ В СВЕТОДИОДНОЙ MQW-СТРУКТУРЕ

В.Л. Олейник, студент, В.Н. Давыдов, проф.

Научный руководитель В.Н. Давыдов, проф., д.ф.-м.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, dvn@fet.tusur.ru

Проект ГПО ЭП-0709

В настоящее время диодные структуры на основе InGaN/GaN с множественными квантовыми ямами (MQW) являются базовыми элементами для создания высокоэффективных источников оптического излучения и материала для фотонных кристаллов. Однако механизм излучательной рекомбинации носителей заряда в квантовых ямах этих структур в значительной степени ослаблен действием внутреннего электрического поля, прежде всего, за счет действия пирозлектрического эффекта [1]. Устранение этого поля позволит значительно увеличить эффективность излучения светодиода.

Целью данной работы является определение величины упругого напряжения, прикладываемого к светодиодной структуре, создающее пьезополе, компенсирующее внутреннее электрическое поле в квантовых ямах.

Исходные положения. Как GaN, так и InN – эти полупроводниковые материалы обладают пиро- и пьезоэффектами примерно равной величины. По этой причине будем рассматривать структуру InGaN/GaN как однородный кристалл с усредненными параметрами

образующих его бинарных соединений, тем более, что их точечная симметрия относится к вюрцитам и описывается группой $6mm$. Физическая картина возникновения внутренней поляризации такова. Протекающий ток через открытый p - n -переход приводит к нагреву кристалла на температуру ΔT . За счет пирозффекта нагрев вызывает спонтанную поляризацию P_{sp}^3 , направленную по оси X_3 кристаллофизической системы координат. Одновременно нагрев также приводит к деформации кристалла за счет его температурного расширения. Эта упругая деформация через пьезоэффект кристалла создает дополнительную поляризацию $P_{piez}^{\Delta T}$, ориентированную также по оси X_3 . Третьей составляющей внутренней поляризации выступает пьезополе, созданное упругим напряжением от пьезоэлектрической поляризации P_{piez}^3 . Образующаяся суммарная поляризация и является полем, ухудшающим люминесцентные свойства диодной структуры. Однако пользуясь двухполярностью пьезополя, эту внутреннюю поляризацию можно компенсировать противоположно направленным пьезополем, созданным приложением к торцам диодной структуры внешнего упругого напряжения требуемой величины. На рис. 1, *a* и *б* показана конструкция анализируемой структуры (3) на подложке (1), в которой требуемое упругое напряжение создается пьезоэлементами (2), запитываемыми от источника компенсирующего напряжения V_k .

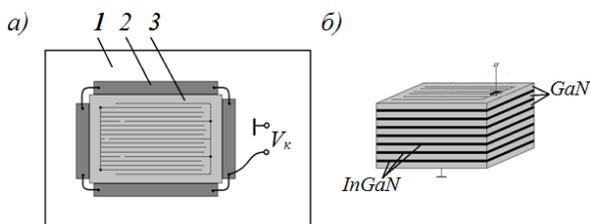


Рис. 1. Топология светодиодной структуры с внешними пьезоэлементами

Расчет внутренней поляризации. В расчетах использована внутренняя симметрия тензоров первого ($\bar{\gamma}$), второго ($\hat{\alpha}$, $\hat{\chi}$), третьего (\hat{d}) и четвертого (\hat{C}) рангов для кристаллов симметрии $6mm$ [2].

Выражения для используемых в расчете эффектов тензорной форме:

$\bar{P}_{sp} = \bar{\gamma} \cdot \Delta T$ – пирозэффект; $\hat{\varepsilon} = \hat{\alpha} \cdot \Delta T$ – эффект теплового расширения кристалла; $\bar{P}_{piez} = \left(\hat{d} : \hat{\sigma} \right)$ – прямой пьезоэффект; $\hat{\sigma}_{piez} = \left(\hat{d} \cdot \bar{E} \right)$ – обратный пьезоэффект; $\hat{\sigma} = \left(\hat{C} : \hat{\varepsilon} \right)$ – закон Гука.

1. Величина поляризации кристалла, вызванная его нагреванием, определяется следующим выражением:

$$P_{sp}^3 = \gamma_3 \cdot \Delta T,$$

где γ_3 – компонента вектора пироккоэффициентов по оси X_3 .

2. Поляризация кристалла, вызванная тепловым расширением [3]:

$$P_{piez(i)}^{\Delta T} = d_{ijk} \sigma_{jk} = d_{ijk} C_{jklm} \alpha_{lm} \cdot \Delta T,$$

где d_{ijk} – компоненты тензора пьезомодулей; σ_{jk} – компоненты тензора упругих напряжений; C_{jklm} – компоненты тензора упругих постоянных; α_{lm} – компоненты тензора линейного расширения. После преобразований получим выражение для X_3 -компоненты

$$P_{piez(3)}^{\Delta T} = 2 \left\{ d_{31} [(C_{11} + C_{12})\alpha_1 + C_{13}\alpha_3] + d_{33} \left[C_{13}\alpha_1 + \frac{C_{33}\alpha_3}{2} \right] \right\} \cdot \Delta T,$$

где использованы обозначения компонент тензоров по Фохту [2].

3. Третье слагаемое полной поляризации кристалла вычисляется по следующему выражению, представленному в тензорной форме [2, 3]

$$P_{piez}^3 = \left(\hat{d} : \hat{\sigma}_{piez} \right) = \left(\hat{d} : \left(\hat{e} \cdot \bar{E}_{sp} \right) \right) = \left(\hat{d} : \left(\hat{e} \cdot \frac{\bar{P}_{sp}}{\chi} \right) \right) = \frac{\Delta T}{\chi} \left(\hat{d} : \left(\hat{e} \cdot \bar{\gamma} \right) \right).$$

Здесь обозначено: \hat{e} – тензор пьезоконстант, χ – диэлектрическая проницаемость кристалла. В координатной форме выражение для компоненты пьезополяризации по оси X_3 примет вид

$$P_{piez}^3 = d_{33}^2 \cdot \gamma_3 \frac{\Delta T}{\chi_3}.$$

Другие компоненты этого вектора равны нулю. Окончательно выражение для компоненты по оси X_3 вектора полной поляризации кристалла, обладающего пиро- и пьезоэффектом, будет иметь вид:

$$P_3^{int} = \gamma_3 \cdot \Delta T + \gamma_3 \frac{d_{33}^2}{\chi_3} \cdot \Delta T + 2 \{ d_{31} C_1 + d_{33} C_2 \} \cdot \Delta T, \quad (1)$$

$$\text{где } C1 = [(C_{11} + C_{12})\alpha_1 + C_{13}\alpha_3], \quad C2 = \left[C_{13}\alpha_1 + \frac{C_{13}\alpha_3}{2} \right].$$

Выражение (1) показывает, что внутренняя поляризация кристалла пропорциональна его нагреву: чем выше температура кристалла, тем больше каждая из трех компонент поляризаций. Из свойств кристалла наибольший эффект, вероятно, оказывает пьезоэффект. Роль упругих свойств кристалла оценивается как незначительная ввиду типично малых значений коэффициентов линейного расширения кристаллов.

Для компенсации поля внутренней поляризации гетероструктуры необходимо внешнее пьезополе величиной

$$P_3^{ext} = d_{3k} \cdot \sigma_k^{ext}.$$

Внешнее упругое напряжение σ_{ext} , создаваемое внешними пьезоэлементами (2) (см. рис. 1), описывается тензором

$$\|\sigma_k\| = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} \cdot \sigma_0^{ext}.$$

Тогда созданное им в кристалле пьезополе будет равно

$$P_3^{ext} = d_{31} \cdot \sigma_1 + d_{31} \cdot \sigma_2 = 2d_{31} \cdot \sigma_0^{ext}.$$

Из условия компенсации внутренней поляризации внешней найдем требуемое для этого упругое напряжение от внешнего источника

$$\sigma_0^{ext} = -\frac{\Delta T}{2d_{31}} \left\{ \gamma_3 \left[1 + \frac{d_{33}^2}{\chi_3} \right] + 2[d_{31} \cdot C1 + d_{33} \cdot C2] \right\}. \quad (2)$$

Подбирая величину компенсирующего поля, можно добиться устранения негативного влияния поля внутренней поляризации на люминесцентные свойства диодных структур InGaN/GaN. Заметим, что требуемое упругое напряжение от внешнего источника может быть создано механическим способом.

Выводы. Произведен физический анализ механизмов формирования внутреннего электрического поля. Установлено, что оно имеет три составляющих: за счет пирозффекта, за счет прямого пьезоэффекта и теплового расширения кристалла, а также обратного и прямого пьезоэффекта и пирополя. Каждая составляющая суммарного поля внутренней поляризации гетероструктуры линейно связана с нагревом кристалла, возникающим при протекании тока через светодиод.

Получены аналитические выражения для каждой составляющей внутреннего поля, а также выражение для полного поля внутренней поляризации. Определена величина упругого напряжения вдоль осей $X1$ и $X2$, необходимого для устранения негативного влияния внут-

ренного поля на люминесцентные свойства гетероструктуры InGaN/GaN.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов С.Ю. Оценка значений спонтанной поляризации и диэлектрических проницаемостей кристаллов AlN, GaN, InN, SiN // Физика твердого тела. 2009. Т. 51, №6. С. 1161–1164.
2. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1970. 638 с.
3. Давыдов В.Н. Материалы и элементы электронной техники. Ч. 1. Фундаментальные свойства кристаллических материалов: учеб. пособие. Томск: ТУСУР, ТМЦ ДО, 2003. 231 с.

ПРОФИЛЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ

В.Л. Олейник, студент 5-го курса, В.Н. Давыдов, проф.

Научный руководитель В.Н. Давыдов, проф., д.ф.-м.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, dvn@fet.tusur.ru

Проект ГПО ЭП-0709

Производство и совершенствование оптоэлектронных приборов на основе квантово-размерных гетероструктур невозможно без современных методов их анализа и контроля. Наряду с развитием методов визуализации нанообъектов в квантово-размерных структурах, таких как сканирующая микроскопия, просвечивающая микроскопия, туннельная микроскопия, разрабатываются методы диагностики, основанные на измерении электронных свойств гетероструктур и позволяющие определить основные параметры их зонного спектра [1]. Это позволяет «рассмотреть» квантово-размерную структуру «глазами» электронов и тем самым получить прямую информацию о механизмах формирования электронных свойств

Цель работы – постановка методики выявления квантовых ям в наноразмерных гетероструктурах из InGaN/GaN на основе вычисления профиля свободных носителей заряда из экспериментальных вольт-фарадных характеристик (ВФХ).

Исходные положения. Известны методики определения параметров p - n -переходов по его ВФХ [2], в частности, нахождения высоты барьера ϕ_b и концентрации легирующей примеси N , а также координатной зависимости N в области пространственного заряда (ОПЗ) – $N(x)$. Для этого из выражения для ВФХ

$$C(V) = S \sqrt{\frac{q\varepsilon_s \varepsilon_0 N}{2(\varphi_0 - V)}} \quad (1)$$

вычисляют концентрацию

$$N = 2 \left[q\varepsilon_s \varepsilon_0 S^2 \frac{d}{dV} \left(\frac{1}{C^2(V)} \right) \right]. \quad (2)$$

Так как ширина ОПЗ W есть функция напряжения V на p - n -переходе

$$W(V) = \frac{\varepsilon_s \varepsilon_0 S}{C(V)}, \quad (3)$$

то, комбинируя выражения (2) и (3), можно построить координатную зависимость $N(W)$. Для нахождения φ_0 из (1) найдем

$$\frac{1}{C^2(V)} = \frac{2(\varphi_0 - V)}{q\varepsilon_s \varepsilon_0 S^2}, \quad (4)$$

которое в координатах $y=1/C^2$ и $x=V$ представляет уравнение прямой: $y=a+kx$. Следовательно, по точке пересечения этой прямой с осью абсцисс можно вычислить высоту барьера φ_0 .

Изложенная методика определения параметров полупроводниковых приборов используется для определения аналогичных параметров квантово-размерных структур с заменой концентрации легирующей примеси на концентрацию подвижных носителей заряда n .

Экспериментальная проверка. Измерения ВФХ светодиодных гетероструктур InGaN/GaN, изготовленных в Научно-исследовательском институте полупроводниковых приборов (г. Томск) и содержащих квантовые ямы (КЯ), проводились на аппаратно-программном комплексе «Метроном-03», позволяющем менять условия измерений в широких пределах [3, 4]. Частота тестового сигнала обеспечивала емкостный характер тестового тока через гетероструктуру, напряжение на ней V изменялось в диапазоне $V = \pm 10$ В с шагом $\Delta V = 10$ мВ. Экспериментальные ВФХ сглаживались сплайнами-функциями. На рис. 1 приведена типичная ВФХ исследуемых гетероструктур, имеющая изломы при прямых и обратных напряжениях. На вставке показан фрагмент ВФХ, указывающий на величину ошибки измерения емкости $\delta C \approx 0,2$ пФ, что меньше 0,1% измеряемой C .

На рис. 2 представлены результаты обработки ВФХ рис. 1 по выражениям (2) и (3) на низкой (рис. 2, а) и высокой частоте (рис. 2, б). Видно, что на низкой частоте обнаружено 18, а на высокой – 9 макси-

мумов концентраций носителей заряда, расположенных эквидистантно и содержащих по 25 и 50 экспериментальных точек соответственно.

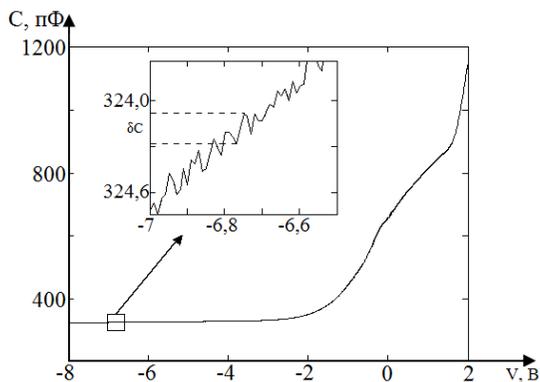


Рис. 1. ВФХ квантово-размерной MQW-гетероструктуры

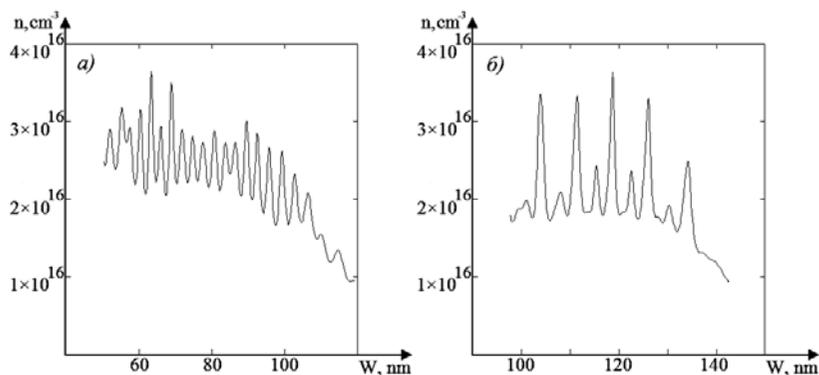


Рис. 2. Профиль концентрации носителей заряда – а; и методика определения ширины максимума концентрации – б

Заметим, средние максимумы рис. 2, а находятся между более высокими максимумами слева и справа от них, что, возможно, указывает на наличие заборных слоев, ограничивающих светоизлучающие КЯ.

Измерение ширины пика концентрации на половине его максимума показало ширину порядка 1 нм, что согласуется с исходными данными о ширине КЯ. Найденные значения концентраций также согласуются с данными других авторов. Поскольку относительная погрешность вычисления W из измеренной емкости составляет $\delta W/W \approx 10^{-3}$, то абсолютная ошибка в определении координаты, а значит, и ширины пика – δW , не превышает десятые доли ангстрема.

Выводы. Описана методика вычисления профиля концентрации носителей заряда, величины барьера в квантово-размерных MQW-гетероструктурах. На основе измеренных ВФХ вычислен профиль концентрации светодиодной MQW-структуры. Показано, что данная методика позволяет с высокой точностью определять как профиль концентрации носителей заряда, так и местоположение, размеры КЯ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубков В.И. Диагностика полупроводниковых наногетероструктур методами спектроскопии адмиттанса. СПб.: ООО «Техномедиа» / Изд. «Элмор», 2007. 220 с.
2. Берман Л.С. Емкостные методы исследования полупроводников. М.: Наука, 1972. 104 с.
3. Войцеховский А.В., Давыдов В.Н. Фотоэлектрические МДП-структуры из узкозонных полупроводников. Томск: Радио и связь, 1990. 230 с.
4. Давыдов В.Н., Троян П.Е., Зайцев Н.Г. Автоматизированный комплекс для исследования полупроводниковых структур // Тр. Том. политех. ун-та. 2006. Т. 309, № 8. С. 42–46.

ФОРМИРОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ В УСЛОВИЯХ ВКЛАДА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

А.С. Перин, аспирант

*Научный руководитель В.М. Шандаров, проф., д.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. СВЧуКР, PerinAS@bk.ru*

Пироэлектрические материалы, в том числе кристаллы ниобата лития (LiNbO_3), получили широкое распространение в современной фотонике. Данные материалы позволяют полностью компенсировать дифракционную расходимость световых пучков и формировать так называемые пиролитоны [1].

Целью данной работы явилось исследование возможности формирования в кристаллах ниобата лития (LiNbO_3) дифракционных структур в условиях вклада пироэлектрического эффекта.

На рис. 1 представлена схема эксперимента. В качестве источника излучения использовался твердотельный лазер YAG:Nd^{3+} (1), работающий на длине волны $\lambda = 532$ нм с выходной мощностью до 50 мВт. С помощью линзы (2) излучение фокусируется на входную грань кристаллического образца LiNbO_3 с размерами $1 \times 0,4 \times 0,4$ см по осям XYZ соответственно (4), размещенного на подложке элемента Пельтье (5), используемого в качестве нагревателя. Контроль за температурой осу-

ществляется с помощью термопары. Поляризация света соответствует необыкновенной волне в кристалле. Изображение на выходной грани образца обрабатывается анализатором лазерных пучков (АЛП) (7).

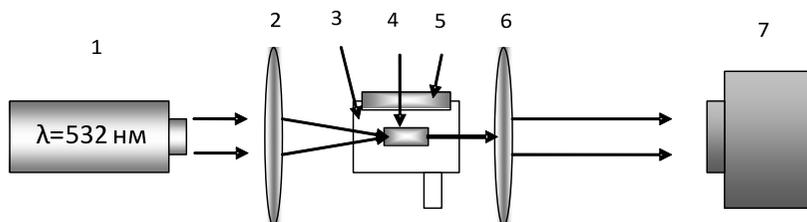


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – YAG:Nd³⁺ лазер; 2 – фокусирующая линза; 3 – микрометрический столик; 4 – образец LiNbO₃; 5 – элемент Пельтье; 6 – фокусирующая линза; 7 – АЛП

Эволюция пространственного распределения интенсивности света в образце LiNbO₃ X-среза (ближняя зона) иллюстрируется картинками на рис. 2. Поляризация излучения в данном случае соответствовала необыкновенной волне в кристалле, его интенсивность составляла от 0,5 до 15 мВт (рис. 2, а).

Можно видеть, что в результате экспонирования спустя 30 с распределение светового поля начинает меняться, амплитудный профиль светового пучка вытягивается вдоль оси Z, проявляется дифракционная расходимость пучка (рис. 2, б). Нагревание кристалла приводит к её компенсации (рис. 2, в), а дальнейшее варьирование температурой кристалла и мощностью экспонирования приводит к возникновению дифракционных структур, распределение светового поля принимает симметричные формы различного вида (рис. 2, г и д).

В процессе эксперимента (около 60 мин) наблюдается сильная нелинейная зависимость формы амплитудного профиля прошедшего кристалл светового пучка от текущей температуры образца и мощности. Здесь оказывают влияние как фоторефрактивный [2], так и пироэлектрический [3] эффект.

Таким образом, в работе продемонстрировано формирование дифракционных структур в кристаллах ниобата лития в условиях вклада пироэлектрического эффекта, а также показано, что при определенных условиях (температура и мощность экспонирующего излучения) возможна компенсация оптических неоднородностей, вызванных влиянием фоторефрактивного эффекта в условиях вклада пироэлектрического эффекта.

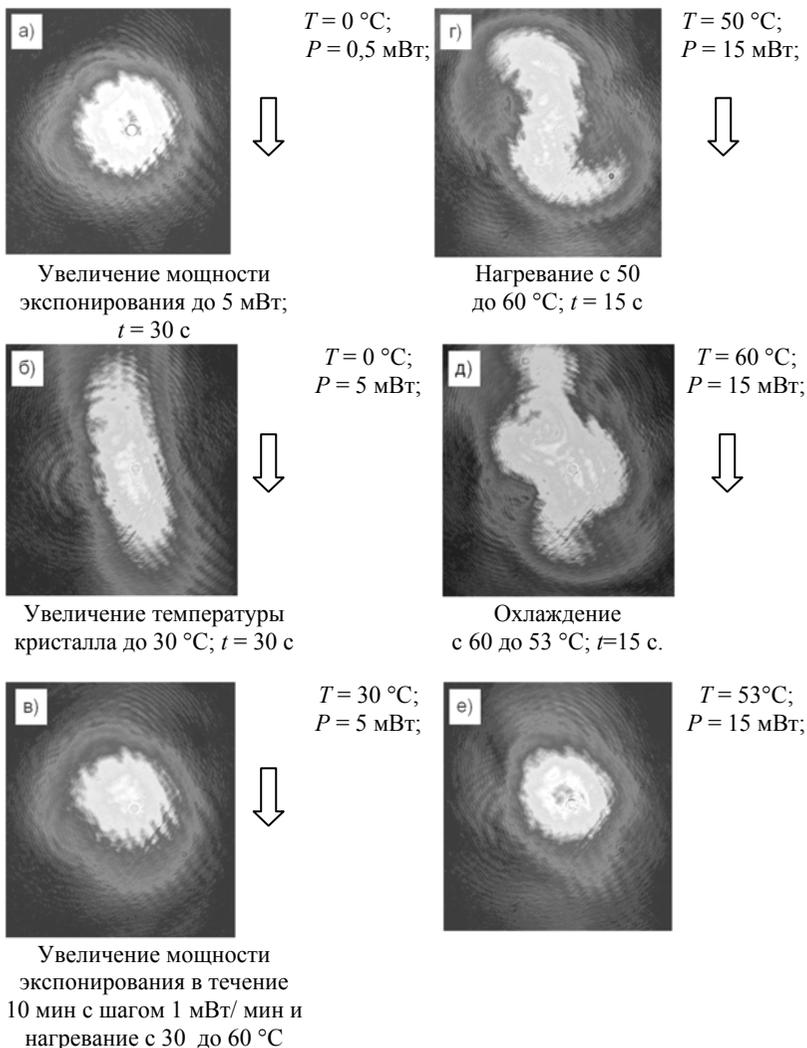


Рис. 2. Ход эксперимента (сверху вниз) с результирующими картинками распределения светового поля на выходной плоскости образца LiNbO_3 (T – текущая температура образца; P – текущая мощность экспонирования; t – текущее время экспонирования)

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2012 г. (проект № 7.2647.2011) и при поддержке гранта У.М.Н.И.К на 2011–2013 гг. (проект № 14208).

ЛИТЕРАТУРА

1. Jassem Safioui, Fabrice Devaux, and Mathieu Chauvet. Pyroliton: pyroelectric spatial soliton // OPTICS EXPRESS 22209. 2009. Vol. 17, №24. P. 205–212.
2. Perin A.S. Formation of Quasi-Regular Diffraction Patterns in the Nonlinear Photorefractive Fabry-Perot Interferometer / A.S. Perin, V.M. Shandarov, F. Chen // Physics of Wave Phenomena. 2011. Vol. 19, №4. P. 1–5.
3. Маркин А.О. Пирозлектрическая компенсация дифракции световых пучков в кристаллах ниобата лития / А.О. Маркин, А.Н. Парханюк, В.М. Шандаров, Ф. Чен // Докл. Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2011. № 24(2). С. 124–127.

ПЛИС-МОДУЛЬ СОПРОВОЖДЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

А.В. Полунин

г. Орел, Академия ФСО России

Разработанный модуль на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) предназначен для обнаружения и последующего сопровождения (от кадра к кадру) характерных точек на движущихся объектах. Модуль предназначен для решения задачи восстановления трехмерной рабочей сцены при движении мобильного робота в реальном времени. Модуль обеспечивает обнаружение объекта при движении, обнаружение характерных точек на объекте и сопровождение точек в течение наблюдения объекта и является составной частью устройства для формирования трехмерной сцены.

Структурная схема модуля представлена на рис. 1.

Модуль состоит из датчика изображения ДИ 10, контроллера 1, модуля обнаружения движения МОД 2, модуля определения объектов МОО 3, модуля коррекции МК 4, трех ОЗУ – ОЗУ 5, ОЗУ 6, ОЗУ 7 и вспомогательных элементов – счетчика 100, компаратора 102, мультиплексоров 51–59, демультимплексоров 56 и 58. Сигналы синхронизации СЛС, подаваемые на вход генерируются от внешнего устройства, не показанного на схеме на рис. 1.

Модуль работает в трех режимах, задаваемых значением на групповом выходе счетчика 100. Режимы работы последовательно чередуются с 0 по 2 для каждого поступающего с ДИ 10 кадра. В нулевом режиме производится выдача обработанного кадра на системную шину и запись данных от ДИ 10. В первом режиме производится обнаружение и определение направления движения для каждого пикселя. Во втором режиме пиксели с одинаковым направлением движения группируются в объекты. В третьем режиме проверяется идентичность объекта на текущем и предыдущем кадрах.

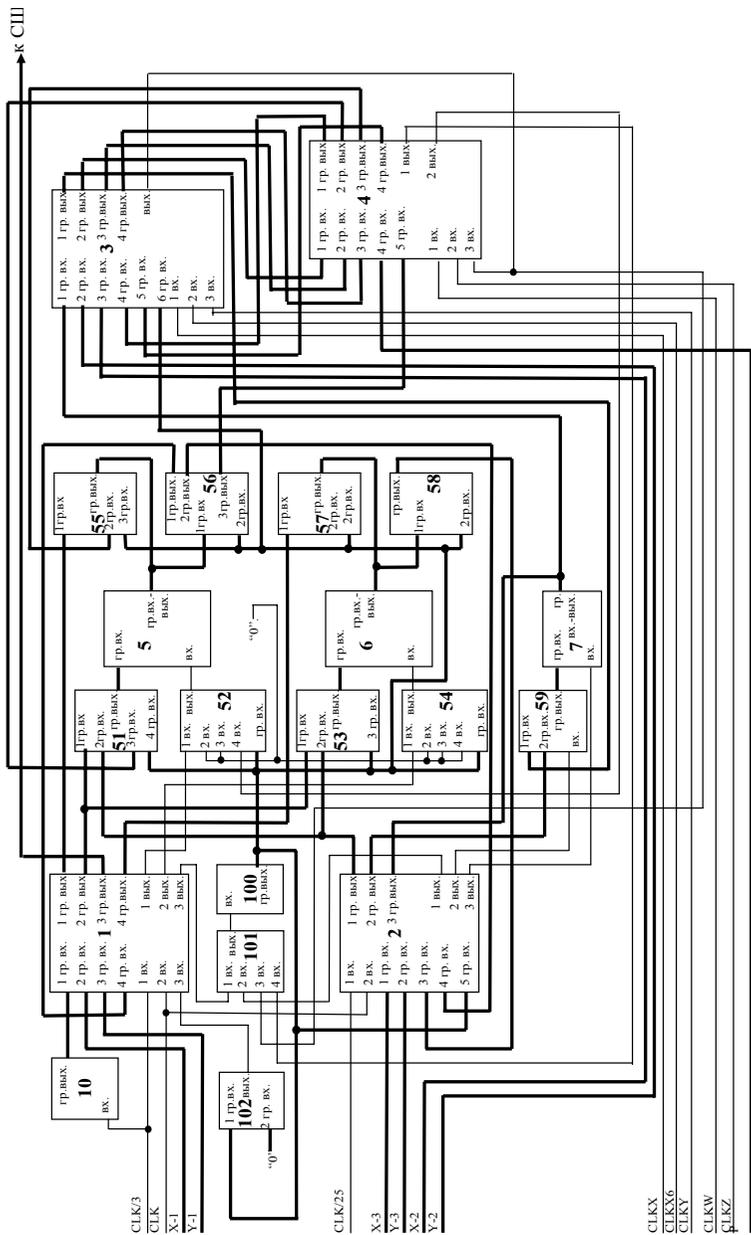


Рис. 1. Структурная схема ПЛИС-модуля сопровождения характерных точек объектов при движении

Процесс сопровождения объектов (определения координат и подтверждения идентичности объекта на текущем и предыдущем кадрах) состоит из нескольких этапов: считывание изображения, выделение на изображении движущихся пикселей на основе анализа межкадровой разности, определение направления движения каждого пикселя, объединение движущихся в одном направлении смежных пикселей в объект, идентификация объектов на основе анализа их формы (в двумерном пространстве) и изменения координат от кадра к кадру.

Движение каждого пикселя относительно текущего кадра определяется по принципу межкадрового вычитания: значение разности яркостей статичных пикселей на смежных кадрах равно 0 (при условии неизменной освещенности), расчет производится для окрестности каждого пикселя. Каждому из восьми возможных направлений движения присваивается определенный код. Полученный код для каждого пикселя анализируется на предмет нахождения смежных пикселей с одинаковым направлением движения и далее на предмет движения групп пикселей с одинаковой скоростью. Выходной информацией, сохраняемой в ОЗУ 7, является условный индекс движущегося объекта, совокупность пикселей, его описывающих, направление и скорость смещения относительно предыдущего кадра.

Разработанный модуль реализован на базе отладочной платы Nallatech ML402 с ПЛИС Xilinx Spartan 4. Проектирование модуля осуществлялось в схемотехническом редакторе пакете ICE 8.2. Время обработки одного кадра для монохроматического изображения формата PAL (аналого-цифровое преобразование и передачу видеоданных в разработанный модуль осуществлял специализированный блок, входящий в состав отладочной платы) составило около 17 мс, на изображении при проведении эксперимента находились пять движущихся объектов, расположенных на однородном фоне. Экспериментальные результаты подтвердили работоспособность модуля. Подготовлена заявка на изобретение.

**ВЛИЯНИЕ ЗНАКОПЕРЕМЕННОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО
НАПРЯЖЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ
ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР В
ФОТОПОЛИМЕРИЗУЮЩИХСЯ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ**

А.О. Семкин, С.Н. Шарангович

г. Томск, ТУСУР, a.o.semkin@gmail.com, shr@tusur.ru

С ростом популярности оптоволоконных систем связи очень актуальным является вопрос создания полностью оптических управляемых

элементов коммутации, фильтрации и мультиплексирования. Их основу должны составить принципиально новые материалы, позволяющие обеспечить широкополосность, малое время приключения и малое управляющее напряжение. Ярким примером подобного рода материалов является композитный фотополимерный материал с жидкокристаллической компонентой (ФПМ-ЖК). Благодаря характерным физико-химическим свойствам компонентов, в нем возможно голографическое формирование управляемых электрическим полем дифракционных структур (ДС).

В настоящее время получены аналитические модели дифракции света на ДС в ФПМ-ЖК [1, 2]. Однако они не учитывают влияние полярности управляющего напряжения на дифракционные характеристики. В связи с этим целью данной работы явилось исследование влияния знакопеременного управляющего напряжения на характеристики голографических дифракционных структур, сформированных в ФПМ-ЖК.

Голографическое формирование ДС в ФПМ-ЖК сопряжено с формированием в образце периодической и плавной неоднородности оптических свойств. Периодическая неоднородность вызвана записью двух дифракционных решеток – фотополимерной и жидкокристаллической, плавная определяется способностью молекул ЖК менять свою ориентацию под действием внешнего электрического поля. Кроме этого, жидкий кристалл проявляет анизотропию оптических свойств, что обуславливает расщепление падающего света на границе раздела двух сред на необыкновенную и обыкновенную волны. При этом каждая из этих волн испытывает дифракцию на оптических неоднородностях образца.

Геометрия дифракции необыкновенных волн на ДС в ФПМ-ЖК при отсутствии управляющего напряжения и при ненулевых управляющих напряжениях противоположных полярностей приведена на рис. 1.

На рис. 1 k_p – волновой вектор падающего пучка; $\mathbf{k}_1^e(\mathbf{r}, E) = (\omega/c)n_j^e \mathbf{N}_j^e$ – волновые векторы дифрагирующих пучков; $j = 0, 1$ – порядок дифракции; n_j^e – показатели преломления, \mathbf{N}_j^e – волновые нормали; e соответствует необыкновенной волне; \mathbf{K} – вектор решетки; $\Delta\mathbf{K}(\mathbf{r}, E)$ – локальная фазовая расстройка; φ – угол поворота оси директора ЖК.

Как видно из рис. 1, воздействие управляющего напряжения приводит к изменению геометрии дифракции (рис. 1, б, в), и как следствие к пространственной неоднородности фазовой расстройки $\Delta\mathbf{K}$. Вели-

чина локальной фазовой расстройки $\Delta K(\mathbf{r}, E)$ определяется из векторного уравнения $\Delta K(\mathbf{r}, E)\mathbf{y}_0 = \mathbf{k}_0^e(\mathbf{r}, E) - \mathbf{k}_1^e(\mathbf{r}, E) + \mathbf{K}$:

$$\Delta K(\mathbf{r}, E) = k \left[n_0^e(\mathbf{r}, E)(\mathbf{N}_0^e \cdot \mathbf{y}_0) - n_1^e(\mathbf{r}, E)(\mathbf{N}_1^e \cdot \mathbf{y}_0) \right] + \mathbf{K} \cdot \mathbf{y}_0. \quad (1)$$

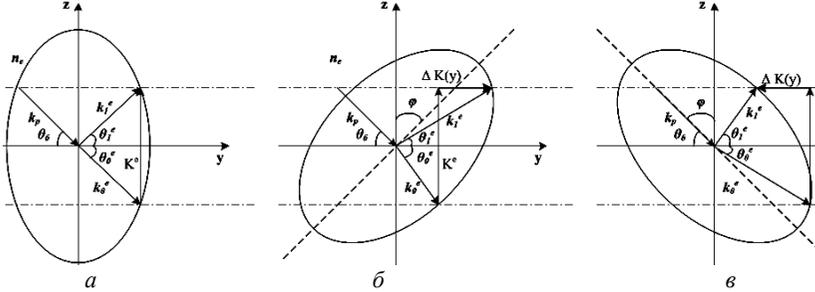


Рис. 1. Локальные векторные диаграммы дифракции на ДС в ФПМ-ЖК: а – в отсутствие управляющего напряжения; б, в – при подаче управляющего напряжения разной полярности

Входящие в (1) зависимости $\mathbf{N}_1^e(\mathbf{r}, E)$ находятся из уравнений Эйконала. При этом пространственная зависимость $n_{1j}^e(\mathbf{r}, E)$ дается выражением:

$$n_j^e(\mathbf{r}, E) = n_o n_e \left[n_e^2 \cdot \sin^2(\varphi(\mathbf{r}, E) \pm \theta_j^e) + n_o^2 \cdot \cos^2(\varphi(\mathbf{r}, E) \pm \theta_j^e) \right]^{-1/2}, \quad (2)$$

где $\theta_{1,0}^e$ – углы падения и дифракции необыкновенных волн нулевого и первого порядков соответственно, а зависимость $\varphi(\mathbf{r}, E)$ определяется из уравнения Фредерикса [3]:

$$\frac{1}{\xi_E(E)} \left(\frac{d}{2} + y \right) = \int_0^{\varphi} \left(\sin^2 \varphi_m(\mathbf{r}, E) - \sin^2 \varphi \right)^{-1/2} d\varphi, \quad (3)$$

где $\xi_E(E)$ – оптическая когерентная длина; d – толщина образца; φ_m – максимальный угол поворота директора ЖК.

Изменение полярности управляющего напряжения на противоположную и соответствующего поворота оси директора ЖК в противоположном направлении учитывается внесением в выражение (2) дополнительного сдвига на π (рис. 1):

$$n_{1,0}^e = n_o n_e \left[n_e^2 \cdot \sin^2(\pi - \varphi(r, E) \pm \theta_{1,0}^e) + n_o^2 \cdot \cos^2(\pi - \varphi(r, E) \pm \theta_{1,0}^e) \right]^{-1/2}. \quad (4)$$

Для количественной оценки степени влияния пространственной неоднородности $\Delta K(\mathbf{r}, E)$ на условия дифракции световых волн на ДС в ФПМ-ЖК используем величину интегральной фазовой расстройки:

$$\Theta(y, E) = \int_0^y \Delta K(y', E) dy'. \quad (5)$$

Численное моделирование проводилось по выражениям (1)–(5) при дифракции необыкновенных волн на ДС в ФПМ-ЖК для двух случаев: при $E > 0$ и $E < 0$, что соответствует повороту оси директора ЖК вправо (рис. 1, б) и влево (рис. 1, в).

На рис. 2 приведены зависимости локальной и интегральной фазовых расстроек при воздействии управляющих напряжений разных полярностей.

Для анализа влияния полярности управляющего напряжения на характеристики ФПМ-ЖК ДС воспользуемся решением уравнений связанных волн [2] в оптически неоднородной среде в приближении заданного поля. В этом случае передаточная функция (ПФ) ДС имеет вид

$$T_d(\Delta, E) = \left[\frac{1}{d} \cdot \int_0^d C(y, E) \cdot \exp \left[i \cdot \left(\Delta \cdot \frac{y}{d} + \Theta(y, E) \right) \right] dy \right]^2, \quad (6)$$

где $C(y, E)$ – амплитудный коэффициент связи [2]; $\Delta(\delta\theta)$ – относительная фазовая расстройка; $\delta\theta = \theta - \theta_0$ – отклонение от угла Брэгга θ_0 .

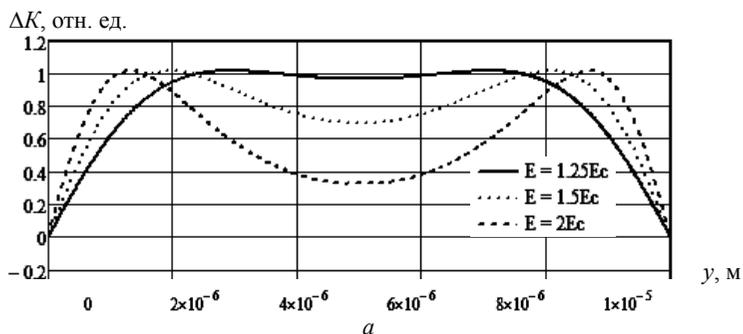


Рис. 2 (начало)

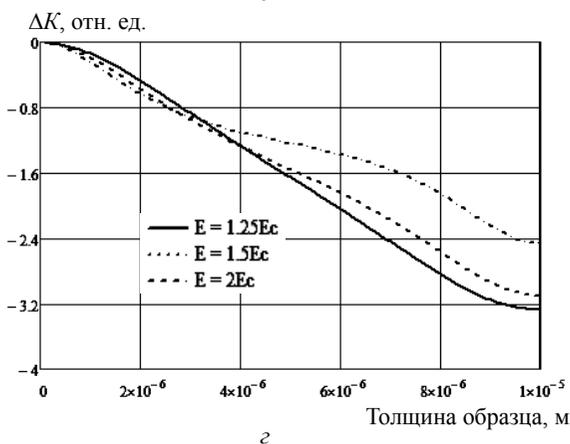
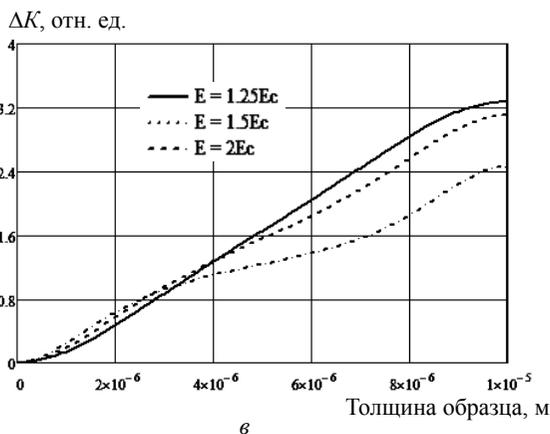
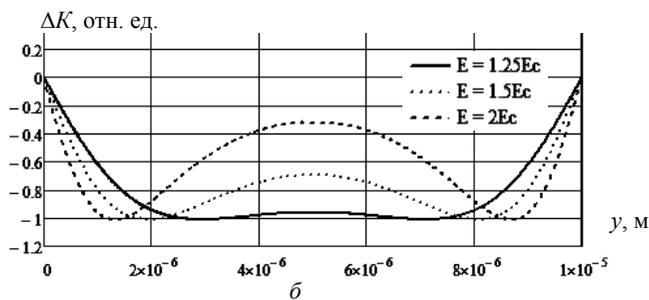
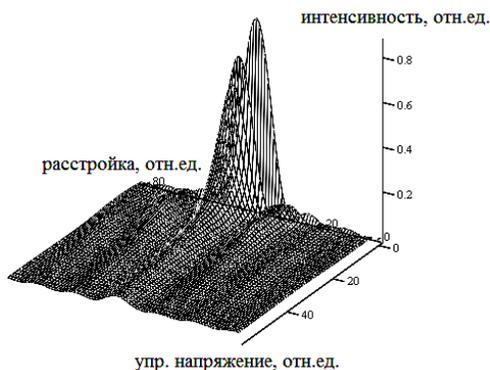
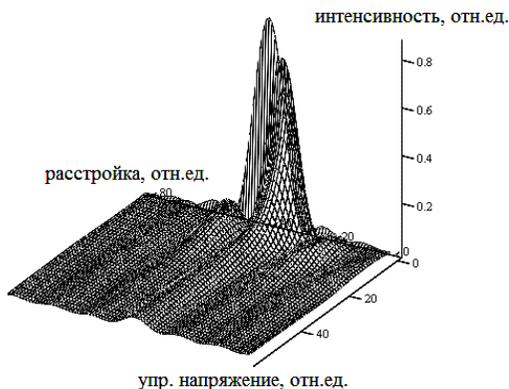


Рис. 2 (окончание). Изменение локальной фазовой расстройки и интегральной фазовой расстройки по толщине образца в зависимости от приложенного электрического поля, при вращении оси ЖК по часовой стрелке (а, в) и против часовой стрелки (б, г)



Результаты моделирования ПФ $T_d(\Delta, E)$, иллюстрирующие влияние полярности управляющего напряжения на характеристики ДС в ФПМ-ЖК, представлены на рис. 3.

Приведенные на рис. 3 зависимости показывают, что изменение полярности управляющего напряжения приводит к сдвигу характеристик $T_d(\Delta, E)$ в противоположные стороны.

Рис. 3. Зависимости ПФ $T_d(\Delta, E)$ от относительной расстройки и управляющего напряжения

Таким образом, результаты моделирования показывают возможность дополнительного управления дифракционными характеристиками ФПМ-ЖК ДС при воздействии на структуру знакопеременного управляющего напряжения, которое может быть осуществлено путем формирования неоднородной пространственной топологии электродной структуры.

Работа выполнена в рамках Госзадания Минобрнауки РФ на 2013 г. (проект № 7.2647.2011).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ноздреватых Б.Ф., Устюжанин С.В., Шарангович С.Н. // Доклады ТУСУРа. 2010. № 1(21), ч. 2. С. 109.
2. Ноздреватых Б.Ф., Устюжанин С.В., Шарангович С.Н. // Доклады ТУСУРа. 2007. № 2(16). С. 192.
3. Сонин А.С. Введение в физику жидких кристаллов. М.: Наука, 1983.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХКАСКАДНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Н.Н. Горяшин, доцент, к.т.н., А.В. Карпенко, лаборант,

А.С. Сидоров, доцент, к.т.н.

г. Красноярск, СибГАУ, каф. САУ, aladdin_sane@mail.ru

Трёхкаскадные фотоэлектрические преобразователи (ТКФЭП) в настоящее время практически полностью вытеснили кремниевые ФЭП с позиции первичного источника электроэнергии [1]. Современные ТКФЭП изготавливаются методом газофазной эпитаксии из паров металлорганических соединений, при этом нижний каскад изготавливается из Ge, средний каскад – GaAs, верхний каскад – GaInP.

Достоинством ТКФЭП является приблизительно на 15% больший КПД по сравнению с однокаскадными ФЭП. К недостаткам можно отнести сложность изготовления, проблемы с согласованием токов каскадов и определенные трудности в исследовании статических (вольт-амперная характеристика (ВАХ), ватт-вольтная характеристика (ВВХ)) и динамических характеристик (переходные процессы при широкдиапазонной коммутации нагрузки и паразитная емкость). Знание статических и особенно динамических характеристик необходимо при проектировании энергопреобразующей аппаратуры космических аппаратов, особенно с использованием шунтовых стабилизаторов короткозамыкающего типа.

Исследование характеристик однокаскадных ФЭП не представляет собой трудностей, так как однокаскадный ФЭП по сути представляет собой специальный фотодиод, а как известно из физики полупроводников, уравнения, описывающие статические и динамические характеристики освещенного фотодиода, имеют тот же самый вид, что и уравнения обычного диода. Поэтому исследовать статические и динамические характеристики однокаскадного ФЭП можно в темновом режиме, и они будут совпадать с характеристиками, измеренными при освещении.

ТКФЭП представляет собой последовательное включение трех однокаскадных ФП. Для измерения характеристик в темновом режиме необходимо, чтобы фототоки каждого каскада совпадали. Однако данное условие не выполняется, что приводит к различию темновых и световых статических и динамических характеристик. Поэтому измерения, проведенные в темновом режиме, не в полной мере характеризуют поведение ТКФЭП при освещении.

Для исследования статических и динамических характеристик ТКФЭП и СБ на их основе в лаборатории СибГАУ при финансировании ОАО «Информационные спутниковые системы» (г. Железногорск) было разработано специальное рабочее место. Рабочее место состоит из импульсного имитатора солнечного излучения (ИСИ) на основе ксеноновой лампы, специальной резистивной нагрузки, устройства сбора данных (цифровой запоминающий осциллограф) и персонального компьютера [2].

С помощью разработанного рабочего места было произведено исследование статических и динамических характеристик нескольких ТКФЭП (3G30C, производства Azur Space Solar Power GmbH, Германия) и солнечных батарей на их основе [3]. Также для сравнения были исследованы однокаскадные GaAs ФЭП (средний каскад ТКФЭП).

Результаты исследования статических характеристик находятся в полном соответствии со справочными данными. Динамические характеристики отсутствуют в справочных данных и результаты их исследования представляют определенный интерес.

На рис. 1 представлены переходные процессы между двумя точками ВАХ: точкой холостого хода (ХХ) и точкой короткого замыкания (КЗ). Переходной процесс по току при переходе из точки ХХ в точку КЗ имеет сложную форму с колебательной частью и постоянным уровнем $\sim 1,3I_{КЗ}$, где $I_{КЗ}$ – ток короткого замыкания, тогда как в однокаскадном ФЭП данный переходный процесс имеет только колебательную часть относительно тока $I_{КЗ}$. Колебательная часть переходного процесса – это результат процессов разряда/заряда паразитной емкости ТКФЭП и индуктивности соединительных проводов. Появление постоянного уровня $\sim 1,3I_{КЗ}$ авторами объясняется различием фототоков каскадов и их паразитных емкостей. Паразитная емкость ТКФЭП относительно уровня $\sim 1,3I_{КЗ}$ составляет около 0,9 мкФ. Данная емкость определяет потери в шунтовых стабилизаторах короткозамыкающего типа [4].

При переходе из точки КЗ в точку ХХ переходные процессы как в ТКФЭП, так и в однокаскадном ФЭП по форме совпадают. Паразитная емкость ТКФЭП в данном случае составляет около 2 мкФ.

По результатам работы можно сделать выводы о том, что ТКФЭП представляют собой передовую область науки и техники полупроводников и имеют как достоинства (КПД преобразования на уровне 28%), так и недостатки (сложность изготовления, сложный вид переходных процессов). Однако более чем миллион ТКФЭП для космического применения уже изготовлено и используется, и данные ФЭП практически вытеснили однокаскадные кремниевые ФЭП с позиции первичного источника электроэнергии на борту космического аппарата.

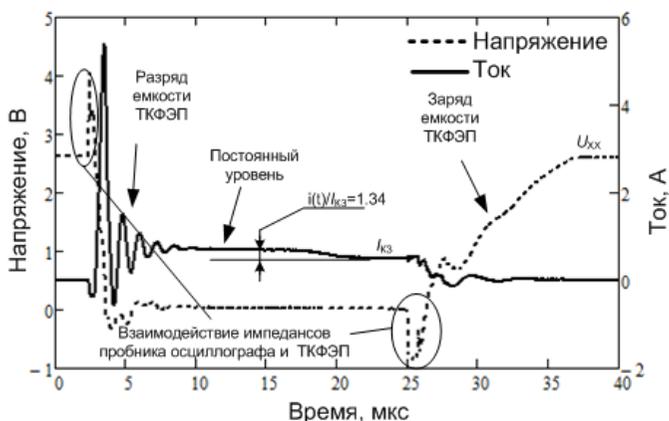


Рис. 1. Переходные процессы в ТКФЭП при коммутации нагрузки между точками XX и К3

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1550.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алфёров Ж.И. Тенденции и перспективы развития солнечной энергетики / Ж.И. Алфёров, В.М. Андреев, В.Д. Румянец // Физика и техника полупроводников. 2004. Т. 34, вып. 8. С. 937–948.
2. Гордеев А.В. Комплекс для исследования характеристик перспективных солнечных батарей / А.В. Гордеев, А.В. Карпенко, А.С. Сидоров // Навигационные спутниковые системы, их роль и значение в жизни современного человека: тез. докл. 2-й Междунар. науч.-техн. конф. (10–14 октября 2012 г.) / ОАО «ИСС»; СибГАУ. Красноярск, 2012. С. 158–161.
3. 3G30C Triple-junction solar cell datasheet [Электронный ресурс]. Справочные данные. URL: <http://azurspace.de>, свободный (дата обращения: 28.02.2013).
4. Сидоров А.С. Анализ потерь мощности в шунтовом стабилизаторе напряжения короткозамыкающего типа / А.В. Гордеев, Н.Н. Горяшин, А.С. Сидоров // Вестник Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М.Ф. Решетнева / СибГАУ. Красноярск, 2012. Вып. 5(45). С. 17–22.

ТРАССОВЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР УФ-ДИАПАЗОНА СПЕКТРА

С.С. Смирнов, студент

*Научный руководитель П.П. Гейко, проф., д.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, SSSmirnov@sibmail.com*

В настоящее время для измерения малых концентраций загрязняющих газов в атмосфере широко применяется метод дифференци-

альной оптической абсорбционной спектроскопии (ДОАС). Первые измерения с использованием принципов ДОАС были проведены в конце 1970-х годов. С тех пор этот метод все более широко используется как в научных исследованиях, так и в прикладных работах, связанных с мониторингом газовых загрязнений атмосферы.

За основу взята разработка ДОАС-М 1, производства ООО «Обнинская фотоника» (г. Обнинск). Она предназначена для измерения малых концентраций основных загрязняющих газов (диоксида азота, диоксида серы, озона, окиси азота, формальдегида, толуола, бензола и др.) на открытой трассе в атмосферном воздухе в реальном времени. Действие основано на регистрации спектра поглощения атмосферы и сравнении его с известными характеристиками измеряемых газов.

Целью данной работы является получение практических навыков работы с прибором, а именно установка и калибровка прибора, а также зондирование атмосферной трассы на наличие загрязняющих примесей и исследование путей усовершенствования газоанализатора.

Основными достоинствами прибора являются:

- Точные измерения концентрации загрязняющей примеси – на уровне миллиардных долей.
- Быстрые измерения в реальном времени – время единичного измерения не более 3 мин.
- Возможность одновременного измерения концентрации 38 газов в широком спектральном диапазоне.
- Не требуется отбора образцов и их анализа – прибор не вносит искажений в характеристики газового состава.
- Компактность и мобильность. Может использоваться для измерения концентраций газов в дымовых трубах и других труднодоступных объемах.

Для работы на атмосферной трассе используется телескоп, в котором совмещены передающий (верхняя половина рисунка) и приемный (нижняя половина рисунка) каналы рис. 1. Телескоп крепится на двухосном поворотном устройстве. Хе лампа 1 мощностью 150 Вт помещается вблизи фокуса главного сферического зеркала 4, формируется кольцевой пучок излучения, направляемый по атмосферной трассе на ретрорефлектор 7. Внутреннее кольцо сферического зеркала используется для приема отраженного ретрорефлектором излучения. С помощью вторичного поворотного зеркала 3 принятое излучение направляется через центральное отверстие в сферическом зеркале на входную апертуру оптико-волоконного световода (ОВС) 5. По оптическому волоконному кабелю световое излучение попадает на входную щель монохроматора-спектрографа (МС). В плоском поле изображения МС

устанавливается линейка фотодиодов, сигнал с которой оцифровывается и поступает в компьютер для дальнейшей обработки.

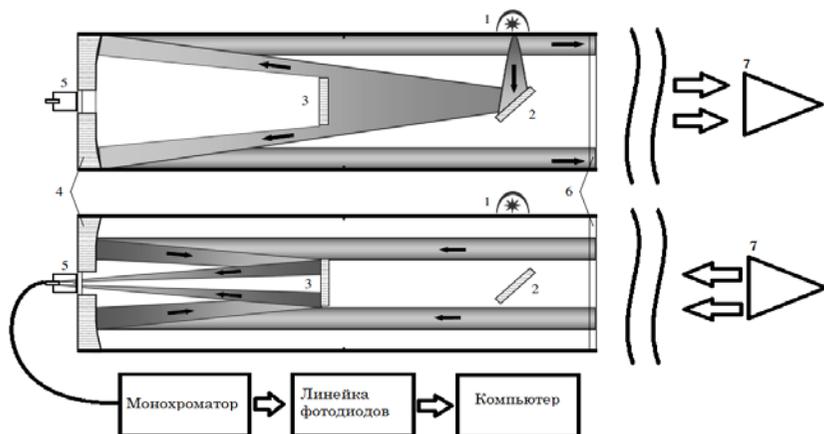


Рис. 1. Оптическая схема приемопередающего устройства (вверху передающий канал, внизу – приемный): 1 – Хе лампа; 2 – плоское поворотное зеркало; 3 – плоское вторичное зеркало; 4 – главное сферическое зеркало; 5 – входное окно ОВС; 6 – защитное стекло; 7 – ретрорефлектор

В основу работы трассового газоанализатора положен метод дифференциальной оптической спектроскопии, который заключается в измерении селективного спектрального поглощения излучения атмосферными газами при прохождении излучения по атмосферной трассе. В отличие от обычного метода абсорбционной спектроскопии, где определяется полный коэффициент поглощения излучения, прошедшего через измерительную трассу, дифференциальный метод фиксирует только изменения в тонкой структуре спектра поглощения, связанной с поглощением атмосферными газами (дифференциальное поглощение). При этом плавно изменяющиеся с длиной волны изменения в спектре, вызванные поглощением и рассеянием излучения атмосферным аэрозолем, а также молекулярным рассеянием света атмосферными газами, исключаются из рассмотрения и не влияют на результаты измерений. Таким образом, в основе метода лежит разделение спектра на плавно меняющуюся и дифференциальную части. Дифференциальная часть сравнивается со спектрами поглощения газовых компонент при помощи метода наименьших квадратов.

В период с 12 февраля по 1 марта 2013 г. были проведены натуральные измерения концентрации озона, окислов азота и серы в районе пл. Южная г. Томска.

Анализ результатов измерений показал, что наблюдается сильная зависимость от погодных условий, т.к. измерения проводились на открытом воздухе в феврале. Иногда шел небольшой снег, это сильно влияло на полученные измерения, т.к. часть оптического излучения рассеивалось на снежинках.

Также проводились измерения загрязняющих примесей при разных настройках газоанализатора:

1) Изменение мощности ксеноновой лампы. Путем регулировки проходящего тока через лампу – было выявлено, что наиболее корректные результаты были получены при среднем токе через лампу.

2) Изменение величины экспозиции (время накопления заряда диодной решеткой). Рекомендованное значение экспозиции составляет от 200 до 800 мс.

а) $t < 200$ мс. Измерения получались некорректными (ошибка составляла $> 25\%$).

б) $t > 800$ мс. Ошибка измерений составляла около 6% .

В заключение можно отметить, что прибор не требует больших изменений в настройках, к тому же результаты измерений выдаются в реальном времени, что позволяет использовать прибор в системах автоматического предупреждения об опасных уровнях загрязнения. Минимально обнаружимые концентрации на трассе 400 м составляют единицы $\mu\text{g}/\text{m}^3$ при времени накопления 2 мин. В дальнейшем планируется работа по модернизации трассового газоанализатора и измерения в различных метеорологических и экологических ситуациях.

ЛЮМИНОФОР ДЛЯ СВЕТОДИОДА

А.А. Виллисов, научный сотрудник, И.А. Екимова, доцент,

В.С. Солдаткин, ассистент, В.И. Туев

г. Томск, ТУСУР

Как известно, наиболее распространённым и эффективным способом получения белого цвета свечения светодиода является нанесение жёлто-зелёного люминофора на кристалл синего свечения [1]. От люминофора зависят световая отдача, координаты цветности, надёжность, индекс цветопередачи светодиода. В связи с этим необходимо понимать механизм работы люминофора для светодиодов и исследовать основные его характеристики. В данной работе, выполненной в рамках 218 Постановления Правительства РФ, приведены результаты исследования спектров излучения люминофоров органической природы в зависимости от длины волны возбуждения и температуры окружающей среды.

Принцип работы люминофора основан на фотолюминесценции. Генерация фотонов в кристаллах люминофора может происходить по трём механизмам:

- при воздействии источником света определённой длины волны образуются электронно-дырочные центры, рекомбинация которых может приводить к образованию фотонов;

- за счёт введения в люминофор активаторов, образуется p - n -переход и при возбуждении излучением определённой длины волны происходит рекомбинация и генерируется фотон;

- при воздействии возбуждающим излучением в кристаллах люминофора, активированных Ce, Eu или другими активаторами, которые вносят искажение в кристаллическую решётку, электроны переходят на высокие энергетические уровни, а затем спускаются обратно, и в этот момент происходит выделение кванта энергии в виде фотона.

В данной работе в качестве объектов исследования использовали восемь образцов люминофоров типа YAG и YGG [2]. Спектры излучения люминофоров получали на спектрофлуориметре CM 2203. Образцы люминофоров наносили на держатель твёрдых образцов кюветы спектрофлуориметра. Измерение спектра люминесценции проводили при возбуждении последовательно узкоспектральным излучением с длинами волн 320, 340, 380, 400, 440 и 460 нм. По результатам исследований установлено, что максимум длины волны излучения люминофора не смещается в зависимости от длины волны возбуждения.

Параллельно изучали зависимости спектров излучения образцов люминофоров, нанесённых на светодиод, от температуры. Температуру на корпусе светодиода варьировали в диапазоне от 25 до 170 °С с шагом 5 °С. Показано, что максимум излучения люминофора смещается с ростом температуры от 25 до 170 °С в коротковолновую область на 10 нм (рис. 1).

Обнаруженный факт смещения максимума спектра излучения люминофора при изменении температуры противоречит физическим свойствам полупроводников, описанным в литературе. Известно, что в полупроводнике с ростом температуры максимум излучения смещается в длинноволновую область [3]. Смещение максимума спектра излучения люминофора при изменении температуры связано с изменением химических свойств активатора люминофора. Таким образом, проведённые исследования указывают на третий, описанный выше механизм работы люминофора.

Результаты эксперимента имеют практическую значимость для прогнозирования надёжности и стабильности параметров светодиода в процессе эксплуатации.

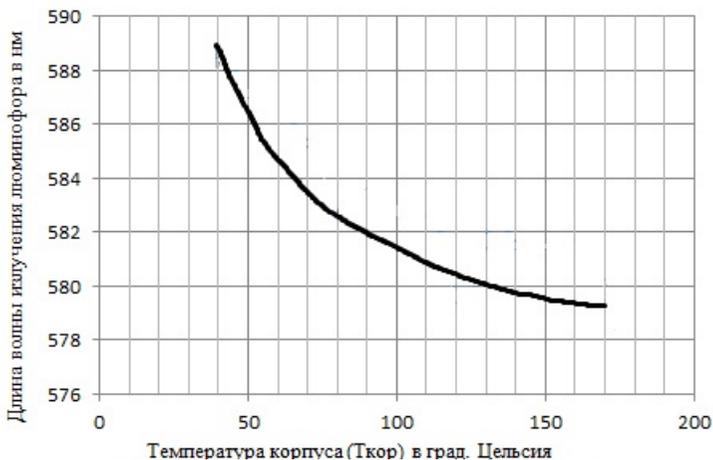


Рис. 1. Характерная зависимость максимума длины волны излучения люминофора от температуры корпуса светодиода

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов В.С., Агафонов Д.Р., Шишов А.В. и др. Белые светодиоды // Светодиоды и лазеры. 2002. №1, 2. С. 25–28.
2. Амбарникова Н.В., Вилисов А.А., Солдаткин В.С. Полупроводниковые матричные излучатели: XLVIII Междунар. науч. студенческая конф. «Студент и научно-технический прогресс» в Новосибирском научном центре СО РАН на базе Новосиб. гос. ун-та, г. Новосибирск: Редакционно-издательский центр НГУ, 2010.
3. Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. 2-е Изд. М.: Физматлит, 2008. 496 с.

СЕКЦИЯ 9

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА

*Председатель секции – Ворошилин Е.П., зав. каф. ТОР, к.т.н.,
зам. председателя – Гельцер А.А., ст. преподаватель каф. ТОР, к.т.н.*

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

С.И. Абрамчук, студент,

С.В. Купреков, инженер ООО «Энергоэффект»

Научный руководитель А.В. Пуговкин, проф.

г. Томск, ТУСУР, РТФ, каф. ТОР, zidanes@sibmail.com

Поквартирный учет потребляемой тепловой энергии в случае вертикальной разводки предполагает измерение ее в каждом отдельном помещении. Это возможно при использовании закона Ньютона–Рихмана:

$$P_{\text{тепл}} = G_{\text{уст}} \cdot (T_{\text{уст}} - T_{\text{возд}}), \quad (1)$$

где $P_{\text{тепл}}$ – тепловая мощность, отдаваемая отопительным прибором; $T_{\text{уст}}$ – средняя температура поверхности отопительного прибора; $T_{\text{возд}}$ – температура воздуха; $G_{\text{уст}}$ – коэффициент теплоотдачи отопительного прибора. Процесс измерения сводится к нахождению температур при известном коэффициенте $G_{\text{уст}}$. В известных измерительных системах коэффициент $G_{\text{уст}}$ находится справочно или при лабораторных испытаниях. Нами предложен метод измерения коэффициента $G_{\text{уст}}$ при работе отопительного прибора в нестационарных условиях. Так, при остывании нагретого прибора из нестационарного уравнения теплового баланса этот коэффициент выражается следующим образом:

$$G_{\text{уст}} = C \frac{dT}{dt} (T_{\text{уст}} - T_{\text{возд}}), \quad (2)$$

где C – теплоемкость всего отопительного прибора.

Таким образом, коэффициент теплоотдачи может быть найден как в стационарном режиме (1), так и в нестационарном режиме (2). Экспериментальный стенд должен предусматривать эти два режима измерения. Для этого необходимо обеспечить функционирование установки в трех режимах работы (постоянного поддержания температуры, нагревания, остывания), плавную регулировку потока воды и нагрева отопительного прибора, сбор и запись информации.

Экспериментальный стенд состоит из трех блоков: термодинамического, электропитания, информационного.

Основными элементами термодинамического блока являются: тепловой источник (водонагреватель ТЕРМЕКС), насос, объект исследования (отопительный прибор). Отопительный прибор может быть разного типа. Также присутствует возможность отключения радиатора от остальных теплоотдающих элементов установки. Структурная схема блока приведена на рис. 1.

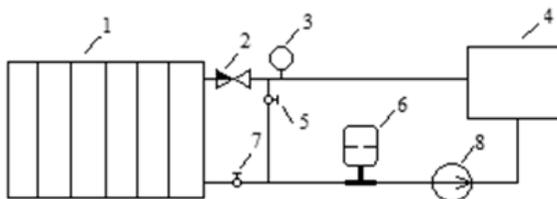


Рис. 1. Структурная схема термодинамического блока: 1 – отопительный прибор; 2 – регулятор давления; 3 – манометр; 4 – водонагреватель с автоматической регулировкой температуры; 5, 7 – отсеchnый кран; 6 – расширительный бак; 8 – циркуляционный насос

Информационный блок содержит датчики температуры, усилитель, многоканальный АЦП Л-Кард, ПК. В качестве датчиков температуры используются термопары (хромель-алюмель). В процессе исследования используются 4 термопары: первая прикреплена на центральном ребре радиатора, вторая измеряет температуру воздуха, третья и четвертая закреплены на входе и выходе радиатора соответственно. Модуль АЦП принимает усиленные сигналы и передает их на ПК. Программное обеспечение, установленное на ПК, позволяет отображать и записывать полученную информацию.

В блоке электропитания для учета потребленной на нагрев электроэнергии через электросчетчик подключен нагревательный элемент. Все остальные устройства подключаются, минуя электросчетчик.

Тестирование экспериментальной установки проводилось в двух режимах.

Стационарный режим. В этом случае измерительный стенд выводится в режим, когда температура входного теплового потока поддерживается в режиме некоторого стационарного значения $T_{уст}$. При этом наблюдались колебания температуры, вызванной гистерезисом системы автоматической регулировки температуры нагревателя. Колебания температуры $T_{уст}$ усреднялись за продолжительный период времени. В ходе данного исследования было получено значение $T_{уст} = 50$ °С. При сеансе $t = 180$ мин потребленная электроэнергия оказалась равной $E = 2,2$ Квт×ч. Вся электрическая мощность преобразуется в тепловую, следовательно, тепловая мощность измерительной установки $P_{\Sigma} = 730$ Вт. Помимо отопительного прибора, стенд так же содержит соединительные шланги и другие теплопотребляющие элементы. Проведены измерения тепловой энергии потребляемой тепловым контуром без радиатора, мощность потерь составила $P_{ном} = 155$ Вт. Мощность, потребляемая тепловым прибором, составила $P_{менд} = 574$ Вт. Температура воздуха $T_{возд} = 20$ °С. В соответствии с выражением (1) коэффициент теплоотдачи отопительного прибора: $G_{уст} = 18,5$ Вт/°С.

Нестационарный режим. В этом случае измерительный стенд выводится в режим остывания, при котором прекращается нагрев и отопительный прибор отключается от остальных элементов измерительной установки. Процесс остывания отопительного прибора был записан с помощью специальной программы. Детальный анализ графика показывает, что температурная зависимость содержит регулярную составляющую, на которую наложены быстрые флуктуации с амплитудой порядка градуса, обусловленные нестабильностью работы датчиков. Полученная зависимость близка к экспоненциальной. Исходя из полученных данных, рассчитаем градиент: $\frac{dT}{dt} = 0,0026$.

Теплоемкость отопительного прибора складывается из теплоёмкости самой конструкции и массы воды в приборе. Вычисляем общую теплоемкость отопительного прибора, зная удельную теплоемкость алюминия и воды. Температура воздуха оставалась такой же, как и в стационарном режиме: $T_{возд} = 20$ °С. За температуру источника принимаем точку на графике, где крутизна спада максимальная. В соответствии с (2) коэффициент теплоотдачи отопительного прибора в нестационарном режиме: $G_{уст} = 13,5$ Вт/°С.

Расхождения результатов для стационарного и нестационарного режимов составляют 27%. Эту большую разницу можно объяснить

следующим образом: 1) отличием истинной теплоемкости от расчетной; 2) дополнительными потерями тепловой энергии в элементах регулировки и теплового моста; 3) при измерении градиента температуры не произведен учет конвекционных потоков воздуха.

Эти факторы подлежат дальнейшему исследованию.

МОБИЛЬНЫЙ ТЕРМИНАЛ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

А.М. Бойко, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель М.И. Мельников, вед. инженер

Центра технологий безопасности ТУСУРа

г. Томск, ТУСУР, beastr34@gmail.com

В настоящее время многие предприятия, имеющие в своем распоряжении парк транспортных средств, сталкиваются с трудноразрешимой проблемой контроля использования транспорта. В автопарке весьма часто присутствуют различные нарушения: хищения топлива, «накрутки» одометра, приписанные заправки, превышения скоростного режима, а также использование служебного автотранспорта в личных целях. Отсутствие в таких случаях доказательной базы делает невозможным применение к недобросовестным водителям штрафных санкций и обоснованного увольнения.

Комплексное решение такой проблемы возможно за счет использования систем мониторинга транспорта, позволяющих эффективно бороться с нарушениями, предоставлять информацию о действиях водителя, отслеживать местоположение транспорта в режиме реального времени, а также осуществлять обмен данными между транспортом и диспетчером. Помимо этого, расширение функций мониторинга и контроля транспорта позволяет уменьшить затраты на сервисное обслуживание и повысить эффективность предприятия в целом.

Мобильный терминал транспортного средства (МТС) предназначен для постоянного мониторинга состояния транспортного средства (ТС), непрерывной, автоматической выработки текущих значений координат места, времени и путевой скорости ТС по радиосигналам СНС ГЛОНАСС и GPS в любой точке земного шара, в любой момент времени, независимо от метеоусловий, а также выдачи их на диспетчерский пункт по каналам беспроводной связи.

Терминал имеет модульную структуру и состоит из следующих частей:

- центральный процессор;
- модуль спутниковой навигации;
- модуль мобильной связи;

- устройства ввода и вывода информации;
- устройства контроля и измерений.

В качестве модуля спутниковой навигации используется приемник GEOSTAR ГЕОС-3. Данный модуль использует 32 параллельных канала приема сигнала и обладает точностью позиционирования до 2,5 м. Определение навигационных данных возможно при использовании одновременно двух спутниковых систем – ГЛОНАСС и GPS, что позволяет повысить точность и устойчивость приема, особенно в условиях плотной городской застройки.

Обмен информацией между диспетчерским пунктом и терминалом осуществляется при помощи мобильной сети передачи данных. В качестве устройства мобильной связи используется модуль Telit UC864-E. Устройство использует стандарт UMTS/HSDPA с частотой работы 2100 МГц. Скорость приема данных: 7,2 Мб/с, скорость отправки: 384 кб/с. Подключение к сети происходит через оператора сотовой связи.

Согласованную работу всех устройств обеспечивает центральный процессор на базе ядра ARM Cortex A8, тактовая частота которого составляет 600 МГц. Данный микропроцессор управляется операционной системой реального времени, которая находится непосредственно на кристалле самого процессора. Такое решение позволяет упростить конечное устройство, уменьшить его стоимость и сделать удобным процесс разработки и отладки. Применение операционной системы также предоставляет широкие возможности по разработке различных приложений.

В качестве операционной системы могут быть использованы: Linux 2.6 и Windows CE.

Для взаимодействия с мобильным терминалом используется TFT дисплей с функцией Touch Screen.

Мобильный терминал имеет широкие возможности по подключению контрольно-измерительных устройств, таких как датчики объема топливного бака, датчики давления в шинах, охранная сигнализация и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вальпа О. Модуль приемника спутниковых систем навигации // Современная электроника. 2012. № 6. 34 с.
2. Алексеев В. Высокоскоростные сети мобильной связи поколения 3G // Беспроводные технологии. 2011. № 1.
3. Королев Н. Высокоскоростной беспроводной доступ // Беспроводные технологии. 2012. № 1.
4. Снякин А., Кошелев А. Физические принципы работы GPS–ГЛОНАСС. М., 2011. 110 с.

ОБЗОР СТАНДАРТОВ СЕТЕЙ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА

*Е.В. Бортников, аспирант каф. АСУ, В.О. Шмойлов, студент
Научный руководитель И.В. Бойченко, с.н.с. ТФ ИВТ СО РАН, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, bortnikov@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. Для соединения базовой станции с абонентской, как правило, используется высокочастотный диапазон радиоволн.

Наиболее известными представителями стандартов сетей ШБД, имеющими действующие реализации, являются стандарты IEEE 802.16 (коммерческое название – WiMAX – Worldwide Interoperability for Microwave Access) и 3GPP LTE (Third Generation Partnership Project Long Term Evolution).

Обзор. Стандарт IEEE 802.16 является развитием IEEE 802.11 (WiFi) и описывает беспроводную сеть масштаба города (MAN – Metropolitan Area Networks) [1]. На физическом уровне для доступа к радиоресурсу в сети используется технология OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) для обоих направлений передачи данных (downlink – от БС к АС и uplink – от АС к БС). Версия стандарта 2005 г., называемая IEEE 802.16e, или мобильный WiMAX, определяет беспроводную сеть с обеспечением качества сервиса (QoS) для мобильных абонентов, перемещающихся со скоростью до 120 км/ч. Пиковая скорость передачи данных составляет 75 Мбит/с для downlink и 25 Мбит/с для uplink.

LTE является развитием 3G-технологии WCDMA. Первая оформленная версия стандарта LTE описывается в релизе 8 спецификаций 3GPP. Для доступа к радиоканалу направления downlink используется OFDMA, как и в WiMAX, для доступа к каналу направления uplink используется технология SC-FDMA (single Carrier Frequency Division Multiple Access). LTE поддерживает мобильность абонентов, перемещающихся со скоростью до 350 км/ч с пиковой скоростью передачи данных 100–326,4 Мбит/с для downlink и 50–84,4 Мбит/с для uplink [2].

Сравнение протоколов. На рис. 1 представлена архитектура протокола системы LTE. Физический уровень предоставляет сервис передачи данных верхним уровням. MAC-уровень предоставляет логические каналы подуровню RLC (Radio Link Control), Layer 2 [2].

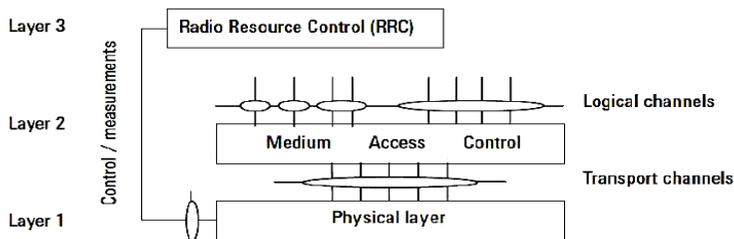


Рис. 1. Архитектура протокола LTE

Физический уровень отвечает за модуляцию и кодирование / декодирование транспортных каналов. MAC-уровень выполняет HARQ-функции (Hybrid Automatic Repeat Request). RLC предоставляет функции сегментирования. RLC ответствен за мобильность и функции хэндовера (переключение от одной базовой станции на другую).

На рис. 2 представлена архитектура протокола WiMAX.

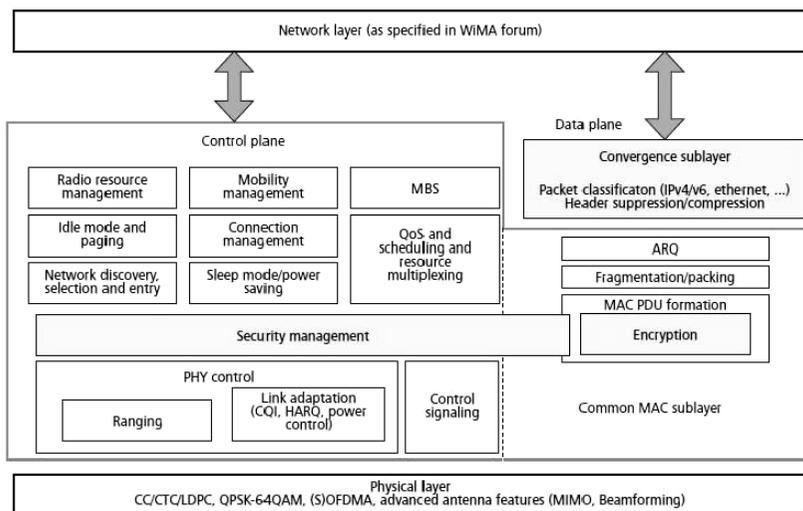


Рис. 2. Архитектура протокола WiMAX

Структура протокола состоит из физического уровня и MAC-уровня. MAC-уровень разделен на два подуровня: Common Part Sublayer (MAC CPS) и Convergence Sublayer (CS).

CS служит для мультиплексирования сетевого трафика различных типов. Функции CPS включают в себя вход в сеть, управление радиоресурсом, обеспечение QoS и т.д.

LTE поддерживает end-to-end QoS, трафик делится на 2 класса: с гарантированной скоростью передачи и с негарантированной скоростью. WiMAX вводит 5 классов трафика для более полного управления QoS.

Выводы. Обе технологии имеют действующие реализации (например, Yota). Оба стандарта используют сходные технологии для доступа к радиоресурсу, однако LTE обладает более впечатляющими характеристиками по скорости передачи данных и по мобильности абонентов. Однако WiMAX имеет более сложную и совершенную систему обеспечения качества сервиса (QoS).

ЛИТЕРАТУРА

1. 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).

2. Tejas Bhandare, LTE and WiMAX Comparison // Santa Clara University, 2008 [Электронный документ]. Режим доступа: <http://www.halcyonwireless.com/LTE%20and%20WiMAX%20Comparison-TejasBhandare.pdf>, свободный.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ. СТЕК ПРОТОКОЛА ZIGBEE

Е.А. Бураев, студент магистратуры каф. ЭМИС

г. Томск, ТУСУР, wind-north@yandex.ru

На предприятиях различных отраслей остро стоит задача мониторинга технологических процессов. Использование кабельных коммуникаций для сбора данных с различных датчиков затруднительно, а иногда и невозможно. Постоянное снижение стоимости беспроводных решений и повышение их эксплуатационных характеристик позволяют постепенно отказываться от проводов и проводных сетей в системах сбора телеметрических данных, диагностики оборудования и обмена информацией. Использование сетей беспроводных устройств позволя-

ет создать диспетчерскую систему, обеспечивающую оператору непрерывный доступ к информации о состоянии обслуживаемых объектов.

Важным аспектом является стандартизация протокола передачи данных, что делает измерительную систему открытой и совместимой с изделиями других производителей.

В данной статье рассматривается иной подход к построению и использованию беспроводных промышленных сетей и новых технологий и программных продуктов.

В настоящее время на рынке беспроводных технологий присутствует множество решений для реализации беспроводной передачи данных в различных условиях. В зависимости от скорости, дальности и назначения их можно представить как беспроводные персональные сети WPAN (Wireless Personal Area Networks); беспроводные локальные сети WLAN (Wireless Local Area Networks).

Персональные сети могут быть созданы на базе различных технологий, например: Bluetooth (IEEE 802.15.1), ZigBee (IEEE 802.15.4), WPAN Wi-Fi (WLAN).

WPAN Wi-Fi (WLAN) технология на скоростях от 1 Мбит/с хорошо себя зарекомендовала в качестве транспортной среды не только для передачи данных, но и голосовых сообщений [1].

Wi-Fi-технология позволяет строить беспроводные самоорганизующиеся сети инфраструктурного типа, т.е. создавать многоточечную топологию с беспроводной точкой доступа для подключения мобильных абонентов. Однако такая топология, скорее, является одним из недостатков, если рассматривать ее как вариант самоорганизующейся сети, – выход из строя базовой станции (точки доступа) приводит к падению мобильной радиосети в целом.

Вторым недостатком мобильных Wi-Fi-сетей с точками доступа по-прежнему остаются небольшой срок работы аккумуляторных батарей и высокий показатель EIRP [2].

Последние достижения в области беспроводных технологий в виде энергосберегающих ad-hoc ZigBee и ZigBee-подобных технологий (IEEE802.15.4) позволили создать низкоскоростные самоорганизующиеся сенсорные сети ячеистого типа (mesh) [3].

Отличительная особенность сети топологии «ячейка» в сравнении с другими топологиями в том, что она состоит, как правило, из однородных элементов, каждый из которых выступает как независимый маршрутизатор. Mesh-сеть, в которой каждый узел может связаться с каждым другим узлом, представляет собой полностью связанную систему. Для нее характерна избыточность с заранее определенным количеством узлов, которая, в свою очередь, существенно повышает надежность в сравнении с мобильной технологией Bluetooth.

Применение приемопередатчиков ZigBee позволяет решить задачи мониторинга и контроля, которые критичны по времени автономной работы датчиков.

В основу сетей ZigBee положен стандарт беспроводной связи малого радиуса действия IEEE 802.15.4 [4], ориентированный на использование в недорогих и экономичных беспроводных устройствах сбора данных и управления. Узлы сенсорной сети применяются в системах, где необходимо передавать небольшие объемы данных и требуются низкое энергопотребление, малые габариты и простота интеграции.

Одним из основных преимуществ стандарта ZigBee/802.15.4 является простота установки и обслуживания устройств. Особенности спецификации ZigBee позволяют легко развертывать беспроводные персональные сети.

В настоящее время технология Bluetooth представлена различными версиями (от 1.1 до 4.x) и скоростными диапазонами (1...5 Мбит/с). Причем достижение высоких скоростей последних версий стало возможным не за счет архитектуры построения беспроводной «ad-hoc» сети, а за счет функции «colocation» (две в одном устройстве), реализуемой совместно с другими технологиями, например совместно с Wi-Fi или UWB [5].

Если говорить о преимуществах Bluetooth, то, прежде всего, следует отметить ее как высокоскоростную технологию, которую можно смело поставить в ряд с UWB или Wi-Fi. К ее недостаткам, скорее, можно отнести энергоемкость (по сравнению, например, с технологией ZigBee). Поэтому основная проблема, которая решалась на протяжении последних лет и решается в настоящее время в последних версиях Bluetooth, заключается в увеличении срока службы автономных источников электропитания. Вопросы по созданию технологии Bluetooth в качестве энергосберегающей решаются в т.ч. за счет специальных алгоритмов работы радиопередающих устройств, которые включаются в сеть лишь на момент пересылки данных (версии 4.0) [6].

На предприятиях промышленного комплекса возможно использование беспроводных сенсорных сетей не только по их основному назначению (для сбора данных и передачи команд исполнительным механизмам полевого уровня АСУ ТП), но и в качестве создания мобильной беспроводной инфраструктуры для обмена речевой информацией. Наиболее подходящими для этой цели являются технологии Bluetooth и ZigBee, которые в соответствии с разрабатываемым проектом стандарта ISA100.15 BACKHAUL легко интегрируются в единую беспроводную среду промышленных предприятий и крупных производственных комплексов.

Для реализации данной проблемы создается измерительная аппаратура которая посредством датчика сканирует область и с помощью беспроводной сети посылает данные в реальном времени на пульт дистанционного управления. Для реализации беспроводной сети была выбрана технология ZigBee, потому что она имеет ряд преимуществ над уже существующими аналогами. Основные особенности технологии ZigBee:

- 1) повышение дальности передачи данных без увеличения мощности передатчика – часть узлов сети (т.е. передатчиков, подключаемых к счетчикам, сенсорам или устройствам управления) способна маршрутизировать пакеты данных «по цепочке» от отправителя к получателю по кратчайшему пути, при этом узел пересылает только те пакеты, которые необходимо;
- 2) большой срок питания от батареи;
- 3) масштабируемость на тысячи устройств (узлов);
- 4) низкая стоимость систем вследствие дешевизны составляющих, отсутствие затрат на кабель;
- 5) легкость развертывания и поддержки самоорганизующихся mesh-сетей;
- 6) надежность (самовосстанавливаемость).

Использование данной технологии существенно повысит работоспособность предприятия, значительно снизив расходы на энергопотребление, и увеличит качество мониторинга технологического процесса, что позволит повысить качество выпускаемой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. WiFi specification. 2006 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.wifi.com/p_faq.html, свободный. Загл. с экрана.
2. IEEE 802.11XX specification. 2005 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ieee.org/portal/site>, свободный. Загл. с экрана.
3. ZigBee specification. ZigBee Document 053474r06, Version 1.0. 2005. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.zigbee.org/>, свободный. Загл. с экрана.
4. ZigBee Alliance. ZigBee Specification. <http://www.zigbee.org>.
5. Bluetooth specification, Version 2.0 + EDR. 2004 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bluetooth.com/>, свободный. Загл. с экрана.
6. Технологии беспроводной передачи данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://wireless-e.ru/articles/bluetooth/2006_1_10.php, свободный. Загл. с экрана.

ВРЕМЕННОЕ СВЕРХРАЗРЕШЕНИЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ

*Ж.Т. Эрдынеев, Г.О. Манохин, студенты, А.С. Вершинин, аспирант
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, erdineevZH@gmail.com*

*Проект ГПО ТОР-1102 – «Многоканальная обработка сигналов
в радиосистемах»*

Для определения координат источника радиоизлучения нужно оценить момент прихода сигнала. На данный момент стоит проблема в увеличении точности оценки в условиях повышенной плотности расположения цели и высокого уровня шума, так как использование сложных сигналов и классических методов определения задержек в данной ситуации не гарантирует точной оценки. Для решения этих проблем существуют различные методы временных сверхразрешений. Целью данной статьи является добиться увеличения точности оценки задержки сигнала с помощью алгоритма MUSIC [1] в условиях высокой плотности расположения целей и аддитивного белого гауссовского шума по сравнению с методом взаимной корреляционной функции при различных сложных сигналах.

Рассмотрим классический метод определения времени задержки сигнала – метод взаимной корреляционной функции [2]. Суть метода заключается в вычислении взаимной корреляционной функции между опорным и принятым сигналом.

Пусть $S_1(t)$ – опорный сигнал, тогда принятый сигнал будет иметь вид, как показано в формуле (1):

$$S_2(t) = \alpha \cdot S_1(t - D) + n(t), \quad (1)$$

где α – затухание в свободном пространстве; D – задержка сигнала, $n(t)$ – аддитивный белый гауссовский шум. Тогда формула (2) для вычисления взаимной корреляционной функции [2] будет выглядеть следующим образом:

$$R(\tau) = \int_0^{\infty} S_1(t) \cdot S_2(t - \tau) dt. \quad (2)$$

Положение максимума корреляционной функции соответствует задержке сигнала. Данный метод является самым оптимальным при оценке одной цели. Рассмотрим в общем виде алгоритм MUSIC (MULTiple SIGNAL Classification). Алгоритм MUSIC оценивает псевдоспектр от сигнала или корреляционной матрицы с использованием метода Шмидта или анализа матрицы собственных векторов [1]. Алгоритм выполняет анализ матрицы собственных векторов корреляционной матрицы сигнала для того, чтобы оценить частотное содержание

сигнала. Этот алгоритм особенно подходит для сигналов, которые представляют собой сумму синусоид с аддитивным белым гауссовским шумом. Формула (3) для вычисления псевдоспектра выглядит следующим образом [3]:

$$R_{music}(f) = \frac{1}{e^H(f) \left(\sum_{k=p+1}^N v_k v_k^H \right) e(f)}, \quad (3)$$

где v_k – входной сигнал или корреляционная матрица; $e(f) = \exp(j2\pi f t)$ – комплексные экспоненты; p – число отраженных сигналов, содержащихся в принятом сигнале; N – длина выборки сигнала; k – индекс собственного вектора матрицы; индекс H означает эрмитовое сопряжение.

На основе рассмотренных методов проведем их сравнение. В качестве сложных сигналов были взяты OFDM и ЛЧМ. Параметры сигналов были взяты следующим образом, исходя из существующих систем: частота дискретизации – 100 МГц, полоса частот – 10, 20 МГц, длительность импульса – 50 мкс, расстояние между целями 15 м. Моделирование ситуации с отражением двух неподвижных целей изображено на рис. 1, где R1 – расстояние до первой цели; R2 – расстояние до второй цели. На рис. 2 и 3 представлено сравнение боковых лепестков корреляционных функций обоих методов при различных конфигурациях сигнала, где CC (Cross Correlation) – взаимная корреляционная функция и MUSIC соответствует алгоритму MUSIC. На рис. 4–7 представлены зависимости среднеквадратического отклонения оценки (СКО) задержки сигнала от отношения сигнал/шум для рассмотренных методов и видов сигнала. По результатам моделирования видно, что использование алгоритма MUSIC позволяет повысить точность определения задержки сигнала. Из рис. 2 и 3 видно, что разрешающая способность алгоритма MUSIC выше, чем корреляционного. Кроме того, из рис. 4 и 5 видно, что OFDM-сигнал показал более точную оценку, по сравнению с ЛЧМ-сигналом. Также при увеличении

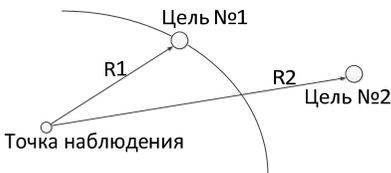


Рис. 1. Условия моделирования

полосы частот в два раза, как показано на рис. 6 и 7, точность оценки увеличилась примерно в два раза по сравнению с полосой 10 МГц.

Минусом алгоритма MUSIC является то, что он требует в 15 раз больше вычислений. Это

обусловлено тем, что исходная взаимная корреляционная функция подвергается дополнительной обработке.

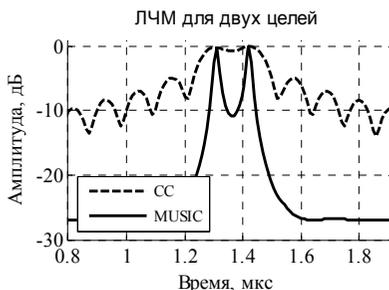


Рис. 2. Корреляционные функции, ЛЧМ

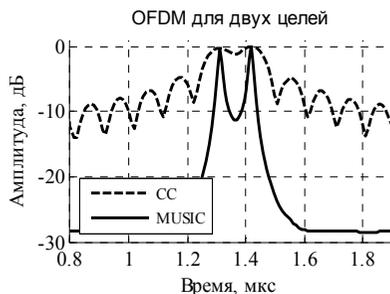


Рис. 3. Корреляционные функции OFDM

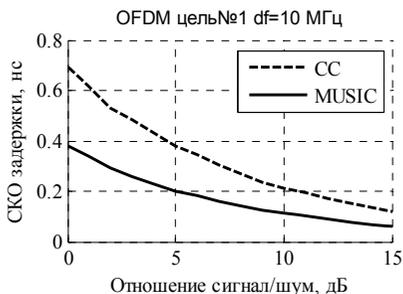


Рис. 4. СКО для 1-й цели, ЛЧМ

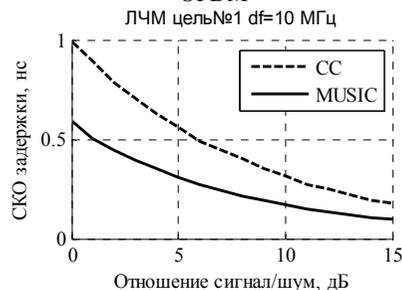


Рис. 5. СКО для 1-й цели, OFDM

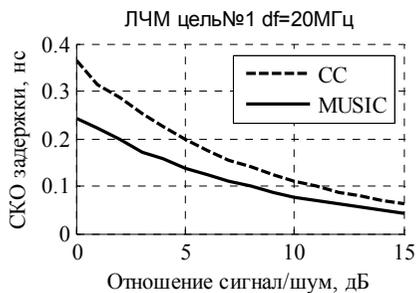


Рис. 6. СКО для 1-й цели, ЛЧМ

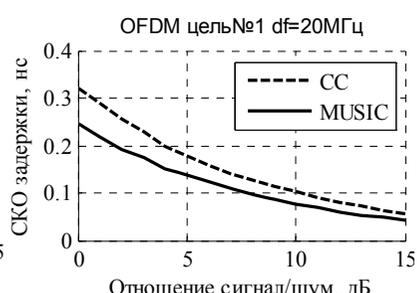


Рис. 7. СКО для 1-й цели, OFDM

ЛИТЕРАТУРА

1. Marple S.L. Digital Spectral Analysis. Englewood Cliffs. N.J.: Prentice-Hall, 1987. P. 373–378.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высш. шк., 2000. 462 с.
3. Schmidt R.O. Multiple Emitter Location and Signal Parameter Estimation // IEEE Trans. Antennas Propagation. Vol. AP-34 (March 1986). P. 276–280.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАСЕВА ТЕРРИТОРИИ ДАТЧИКАМИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ В ТОПОГРАФИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

М.А. Кашпур, аспирант каф. АСУ

Научный руководитель И.В. Бойченко, с.н.с.

*Томского филиала Института вычислительных технологий СО РАН
г. Томск, ТУСУР, Kashpur.Marina@gmail.com*

Одним из аспектов охраны окружающей среды является охрана лесов от пожаров. Только за 2012 г. в Томской области было охвачено пожаром 256,1 тыс. га леса, ущерб, по данным областной думы, составляет более 60 млн рублей [1]. Лесные пожары наносят значительный экономический и экологический ущерб. Основная доля выгоревшей площади и нанесенного огнем ущерба приходится на крупные лесные пожары (КЛП). Возникая в засушливые периоды, КЛП распространяются с большой скоростью, характеризуются высокой интенсивностью горения и тяжелыми условиями тушения. Для борьбы с такими пожарами привлекаются значительные трудовые и материальные ресурсы. Сложность борьбы с КЛП определяется не только их размерами, но и тем, что они возникают в периоды длительных засух, почти при полном отсутствии естественных преград на фоне многочисленных небольших пожаров, на тушении которых уже задействованы все имеющиеся штатные силы и средства пожаротушения [2]. Уменьшить затраты поможет тушение пожаров на стадии зарождения. Существуют различные способы обнаружения лесных пожаров:

- спутниковый мониторинг (анализ тепловых снимков);
- видеонаблюдение пожароопасных районов;
- беспроводные сенсорные сети.

Недостатком спутниковых снимков является запрет на гражданское использование снимков высокой четкости, видеонаблюдение достаточно дорого, анализ изображения затруднителен, дым может перекрывать туман, проблемно разместить в условиях сибирской тайги. Сенсорные сети имеют существенный недостаток – высокая стоимость развертывания сети, однако, как показывает практика, техника со временем удешевляется и есть большая вероятность, что этот минус будет преодолен.

Беспроводные сенсорные сети представляют собой сеть множества датчиков, объединенных между собой посредством радиоканала. Такие сети продемонстрировали высокую эффективность раннего обнаружения пожаров в зданиях и сооружениях [3]. Кроме того, проводились обширные исследования в области пожарной охраны лесов.

Предложены алгоритмы моделирования сети, оптимального размещения датчиков [4].

Особое внимание хотелось бы обратить на недостаточность исследований в области пожарной охраны топографически сложных местностей, включающих овраги, болота и горы.

Сложность размещения датчиков порождает различные вопросы:

- какие именно датчики должны быть использованы для мониторинга пожаров, в каком количестве;
- какова продолжительность жизни датчиков, каким способом ее можно увеличить и нужно ли это делать;
- как часто снимать показания, передавать, в каком виде.

Исследования в области пожарных рисков предлагают алгоритм определения максимально пожароопасных районов с вероятностью около 64% [5]. Для повышения эффективности засева датчиками необходимо сначала определить наиболее пожароопасные районы и затем распределить сенсоры в этих районах.

Процесс развертывания сенсорной сети в топографически сложных условиях сродни процессу посева, поскольку датчики могут быть сброшены с летательных аппаратов, и заранее определить расположение датчиков в сети затруднительно. Но смоделировать такой процесс можно.

Датчик представляет собой устройство, обнаруживающее пожар (например, температурный, датчик дыма, датчик, реагирующий на повышение концентрации в воздухе газов, сопутствующих горению), и устройство передачи данных (ретранслятор). Благодаря тому, что каждый датчик снабжен ретранслятором, сенсорная сеть сможет самоорганизоваться и передавать данные со всей площади покрытия. Кроме того, на каждой площадке необходим центральный координатор, собирающий данные с площадки и в случае необходимости передающий данные в центр обслуживания (посредством GSM-модуля или на спутник).

Сбрасывая датчики, необходимо достигнуть эффекта, чтобы большинство датчиков имело в зоне радиовидимости хотя бы один другой датчик. Увеличивая плотность «засева», можно достигнуть более высокой надежности сети, то есть при потере ретранслятора из зоны радиовидимости датчик сможет настроиться на другой путь передачи данных в обход потерянного датчика.

Согласно определению квантиля нормального распределения, определив необходимое количество датчиков на произвольной площади и задав процент гарантии засева другой площади, получим уравнение

$$\frac{x-M}{\sqrt{D}}=\alpha, \quad (1)$$

где x – искомая величина количества датчиков на площади засева; α – квантиль нормального распределения заданной вероятности; D – дисперсия (среднеквадратическое отклонение); M – математическое ожидание (норма) количества датчиков.

Решая данное уравнение, получаем

$$x=\alpha \times \sqrt{D}+M \quad (2)$$

Математическое ожидание в данном случае можно представить:

$$M=\frac{S_{нов}}{S_{изм}} \times K, \quad (3)$$

где $S_{нов}$ – площадь нового засева; $S_{изм}$ – площадь заранее известного засева; K – количество датчиков, размещенных на известной площади.

Таким образом,

$$x=\alpha \times \sqrt{D}+\frac{S_{нов}}{S_{изм}} \times K. \quad (4)$$

Варьируя процент надежности (квантиль), найдем необходимое количество датчиков.

Таким образом, накапливая статистический опыт заброса датчиков на различные территории, можно добиться ответа на вопрос, какое количество датчиков необходимо на данной территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казаков В.В. 16-е собрание Законодательной думы Томской области V созыва 31 января 2013 г., протокол.
2. Груманс В.М. Особенности организации и тактики тушения крупных лесных пожаров (КЛП): автореф. дис. ... канд. сельскохоз. наук (06.03.03). Красноярск, 1999.
3. Khadivi A. Fire Detection and Localization Using Wireless Sensor Networks / A. Khadivi, M. Hasler // Sensor Applications, Experimentation, and Logistics Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences / Social Informatics and Telecommunications Engineering. 2010. Vol. 29. P. 16–26.
4. Yu L. Real-time forest fire detection with wireless sensor networks» / L. Yu, N. Wang, X. Meng // Wireless Communications. Networking and Mobile Computing. 2005. Proceedings. 2005 International Conference. 23–26 Sept. 2005.
5. Hashjin S. Forest fire hazard modeling using hybrid AHP and fuzzy AHP methods using MODIS sensor» / S. Hashjin, S. Hoseinpoor, A. Milagharden, A. Esmaily, B. Mojaradi, F. Naseri // Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). 2012. IEEE International on 22–27 July 2012. P. 931–934.

МЕТОДИКА УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ПРИ ПОМОЩИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ УЗЛОВ

А.С. Крупский, аспирант каф. АСУ
г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, kaspiyl@mail.ru

Задача обеспечения связи в беспроводной сети с управляемыми мобильными узлами. В настоящее время беспроводные технологии широко применяются для организации доступа к сети в зоне «последней мили». К несомненным их достоинствам следует отнести скорость развёртывания, высокую скорость передачи данных, низкую стоимость обслуживания, возможность обеспечения качества сервиса (англ. QOS – Quality Of Service).

В частности, в качестве одной из перспективных технологий беспроводной передачи данных является WiMAX. Сеть, организованная по этому стандарту, может работать в различных режимах точка-многоточка (англ. PMP – Point Multi Point) или в режиме многосвязной сети (mesh). Топология mesh является необязательной для сетей WiMAX, но обладает большей адаптивностью и потенциально неограниченной областью покрытия. Дополнение к стандарту [1] IEEE 802.16j для многосвязной передачи разрабатывается IEEE 802.16 Relay Task Group.

Предлагаемый в данной работе метод состоит в управляемом перемещении релейных станций связи (англ. RS – Relay Stations) для изменения топологии сети с целью обеспечения лучшей пропускной способности.

Оценка условий применимости метода. Применение мобильных управляемых узлов целесообразно в случаях, когда маршрутизация не может обеспечить требуемой пропускной способности:

- Поддержание минимального сечения графа сети для обеспечения необходимого потока данных через него.
- Обеспечение сопровождения потребителей и генераторов трафика в условиях отсутствия стационарных станций сети в области перемещения.

Кроме этого, в уже существующей сети возможна оптимизация скорости каналов при помощи перемещения управляемых узлов в пространстве.

Оптимизационная модель. Оптимизационная модель базируется на предложенных в работах [2–4] моделях с заменой функции зависимости скорости передачи от расстояния, базирующейся на используемой модуляции, на модифицированную функцию (рис. 1), учитывающую вероятность возникновения ошибок в канале. Кроме этого, вво-

дится дополнительный канал управления – управление перемещением узлов. Оптимизация положения узлов происходит в соответствии с условием предоставления пропорционально лучшей пропускной способности каналу с большей нагрузкой.

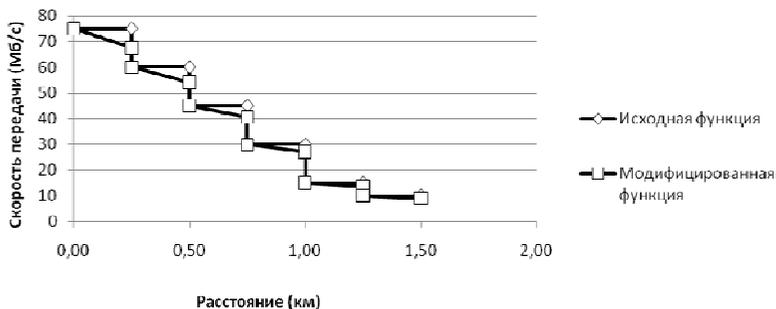


Рис. 1. Функции зависимости скорости передачи от расстояния

Полученная модифицированная функция будет обладать ненулевой производной во всех точках, кроме точек разрыва, что обеспечит неравноценность различных решений в области расположения узлов. Далее, к модифицированной функции необходимо применить один из способов устранения разрывов. При применении исходной функции вокруг станции образуются зоны в форме концентрических колец, в которых решения неразличимы. Применение модифицированной функции позволяет сузить ширину этих колец и увеличить их число, что уменьшает реактивность модели. Неравноценность полей расположения узлов позволяет определить лучшее их местоположение для передачи.

Заключение. Предложенная модель позволяет оптимизировать расположение мобильных узлов в топологии беспроводной сети по скорости передачи в случае наличия связанности между всеми узлами. Предложена функция для расчёта скорости передачи трафика по беспроводному каналу с учётом вероятности ошибок в передаваемых сообщениях.

В данной работе рассматривалась оптимизация положения узлов сети при заданных алгоритмах планирования полосы, планирования мощности, модуляции и маршрутизации. Добавление обратной связи в работе с алгоритмом планирования перемещения открывает перспективы к увеличению пропускной способности сети.

В ходе дальнейшей работы будет вестись также разработка алгоритмов восстановления связанности графа сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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). 857 P. 2004, May 29. 2009. doi: 10.1109/IEEESTD.2009.5062485) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5062485&isnumber=5062484>, для зарегистрированных пользователей (дата обращения: 25.06.12).
2. Wei H.Y., Ganguly S., Izmailov R., Haas Z.J. Interference-aware IEEE 802.16 WiMax mesh networks // Vehicular Technology Conference, 2005. VTC 2005-Spring. 2005 IEEE 61st [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1543918&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D1543918, для зарегистрированных пользователей (дата обращения: 02.09.2012).
3. Jianhua H., Xiaoming F., Xiang J., Zhang Y., Zuoyin T. / ed by Y. Zhang. Routing and Scheduling for WiMAX Mesh Networks // WiMAX Network Planning and Optimization. Auerbach Publications. Taylor&Francis Group. USA, 2009. P. 221–243.
4. Chen J., Jiao W., Guo Q. Providing integrated QoS control for IEEE 802.16 broadband wireless access systems // Vehicular Technology Conference, 2005. VTC-2005-Fall. 2005 IEEE 62nd [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1558127&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F10422%2F33097%2F01558127.pdf%3Farnumber%3D1558127>, для зарегистрированных пользователей (дата обращения: 05.09.2012).

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В МИРЕ И РОССИИ: АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМ

О.А. Лазарева, студентка

*Научный руководитель Н.В. Шахматова, проф. каф. прикладной социологии социологического факультета, д.соц.н.
г. Саратов, СГУ им. Чернышевского, oksisprei@mail.ru*

Сегодня как в России, так и во всём мире нельзя не заметить распространение принципиально новых социальных и культурных процессов, которые, постепенно нарастая с конца XX в., начали определять ход истории в XXI в. [2]. Это процессы роста информационных потоков, которые качественно меняют отношение людей к информации, знаниям, труду и друг к другу. Это процессы глобализации, которые изменяют доминирующие идеалы и мировоззрение миллионов людей, трансформируют ценности социального статуса и социальных институтов, власти и авторитетов, традиций, обычаев и даже пространства и времени. Это новые угрозы и «вызовы», которые приводят различные социумы в неравновесное состояние культурологического

шока, усиливают социальное неравенство, несут экономические риски и духовные потрясения.

Становление глобального информационного общества – это свершившийся факт. Уже является общеизвестным, что в современном мире происходит стремительный рост информационных технологий, технических и технологических решений в области коммуникаций. Однако по-прежнему является актуальной научная дискуссия об источниках и движущих силах технологического роста, о тех социальных процессах, которые формируют духовный и социальный «заказ» развитию технологий и «отвечают» на новые технические решения социальными и культурными сдвигами [5].

С развитием теории систем связано не только изучение социальных процессов в обществе, но и новая трактовка термина «информация». Его начинают активно использовать, прежде всего, для оценки соотношения детерминизма и неопределенности. «Информация» – это фундаментальное, первичное понятие информатики. Информация связывается с организацией, порядком, определенностью. Иными словами, информация – это то, что противостоит неопределенности, «снимает» хаос систем. Развитие понятия «информация» явилось толчком к формированию системного мышления не только как научной методологии, но и как новой социокультурной парадигмы общества, где системное базируется на исходном целостном видении объекта, выступает в качестве альтернативы механистическим, элементаристским взглядам на мир как на совокупность составных частей, элементов [3].

Становление информационного общества в России неразрывно связано с другими взаимосвязанными модернизационными процессами: повышением уровня образованности, профессионализма, появлением более утилитарных и рациональных типов социальных отношений, трансформациями и усложнением процессов социального контроля. Существенные изменения затрагивают и сферу культуры общества.

В современном российском обществе потребности в информации и модернизации всех сфер общественной жизни присутствуют в коллективном сознании в качестве предпочитаемых ценностей, однако субъекты социального действия в основном используют новые технологии не в повседневной жизни в качестве «продвинутых» информационных потребителей, а для повышения своего общекультурного и профессионального уровня.

Исследовать информационные процессы необходимо с учетом последних достижений институциональной теории. Информационные процессы являются такой институциональной практикой, которая сочетает в себе формальные и неформальные компоненты – в логическом и в историческом смыслах.

Известно, что социальные институты включают в себя все исторически сложившиеся, структурированные формы социальных взаимодействий. В частности, стоит отметить теорию Дугласа Норта о том, что социальные институты бывают формальными и неформальными, среди которых приоритетными он считает формально ограниченные; среди неформально ограниченных он признает те институты, которые явились продуктом человеческого замысла, и те, что складываются в процессе исторического развития, хотя для аналитических целей их, возможно, придется изучать раздельно [6].

Экономисты, философы и социологи констатируют сегодня качественное видоизменение социума и появление «информационного общества», связывая эти процессы с развитием ИКТ. Одним из важнейших параметров трансформации является глобальный, всеохватывающий характер. Действительно, в мире сегодня 1,5 млрд телевизионных приемников и 2,5 млрд радиоприемников, телевизионное вещание направлено на 75% населения Земли. Однако необходимо отметить также и следующие цифры: персональный компьютер имеют только 5% населения земного шара и только 2% подключено к Интернету [4].

Информационное неравенство – новый тип социального неравенства и эта проблема сегодня очень актуальна в России, где охват телевизионным вещанием достигает 98–99%, в то время как возможности россиян в сфере использования Интернета и других цифровых систем гораздо скромнее.

Существенной проблемой российского общества является также то, что категории пользователей распределены очень неравномерно. Так, доля пользователей в Москве составляет 58%, а в Сибирском регионе – около 23%. При этом «недельная аудитория», то есть активные пользователи, составляет среди всех пользователей 92% в Москве и 64% в Сибирском регионе. «Суточная аудитория» по Москве 76%, по Сибири – 36% [1].

Все эти проблемы лежат в основе будущих исследований, направленных на их изучение, предотвращение и ликвидацию последствий данных процессов и проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арато Э., Коэн Дж. Гражданское общество и политическая теория. М., 2003. С. 34.
2. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. М., 1999. С. 103.
3. Гельб И.Е. Опыт изучения письма. М., 1982. С. 22.
4. Капустин Б.Г. Современность как предмет политической теории. М., 1998. С. 15–16.
5. Кара-Мурза А.А. Новое варварство как проблема российской цивилизации. М., 1995. С. 65.
6. Тоффлер Э. Третья волна. 1980. М.: АСТ, 2010. С. 12, 44.

УВЕЛИЧЕНИЕ УРОВНЯ МЕЖКАНАЛЬНОЙ РАЗВЯЗКИ В РАДАРЕ С НЕПРЕРЫВНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ЗА СЧЁТ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА

*Р. Абенев, аспирант, Г.О. Манохин, Ж.Т. Эрдынеев, студенты,
А.А. Гельцер, ст. преподаватель, А.С. Вершинин, аспирант
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, life.airver@gmail.com*

Одним из этапов проектирования большинства радиолокационных систем (РЛС) является обеспечение требуемой развязки между приёмной и передающей антеннами. В РЛС непрерывного излучения, построенных на основе использования сигналов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), прямое проникновение сигнала из передающего канала в приёмный приводит к формированию низкочастотной гармоники, которая накладывается на сигнал биений и нарушает корректную работу радара на малых расстояниях. Описанный ниже метод решения данной проблемы опирается на тот факт, что в процессе эксплуатации физические параметры РЛС не изменяются и как следствие влияние развязки антенн также остаётся неизменным.

В статье представлены результаты экспериментального исследования работы РЛС непрерывного излучения, использующей ЛЧМ-сигналы. Принцип работы систем такого рода широко описан в [1–3].

На рис. 1 представлен результат одного из замеров расстояния между радаром и неподвижной целью (машиной), представляющий собой спектр плотности мощности (СПМ) сигнала биений, ось частот которого пересчитана в дальность. Вследствие недостаточного уровня развязки приёмной и передающей антенн, сигнал биений содержит низкочастотную гармонику, которой в спектральной области соответствует широкий пик с боковыми лепестками. Наложение этого пика на СПМ сигнала биений приводит к тому, что сигналы с небольших дальностей маскируются помехой, а боковые лепестки вносят погрешности в оценку дальности всех остальных целей.

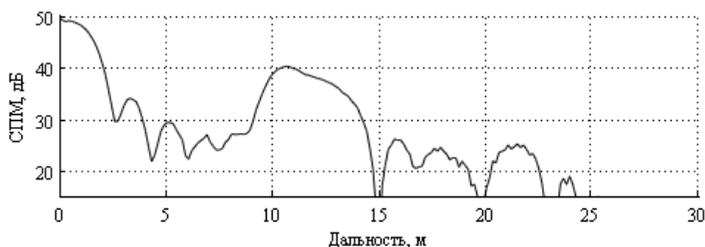


Рис. 1. Зависимость СПМ сигнала биений от дальности.
Цель расположена на расстоянии 11 м

Для устранения этой проблемы необходимо вычистить из уже оцифрованного сигнала биений содержащийся в нём синусоидальный сигнал низкой частоты. Для этого необходимо сформировать синусоидальный сигнал, частота и фаза которого должны строго соответствовать частоте и фазе сигнала помехи (рис. 2). Результат представлен на рис. 3 и 4.

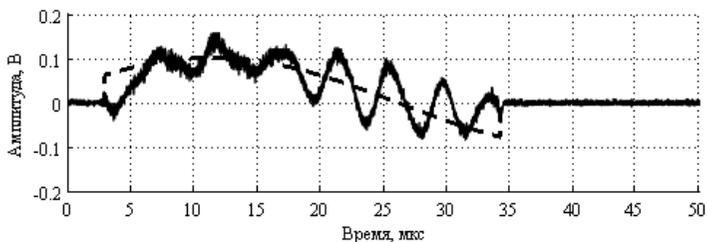


Рис. 2. Моделирование синусоиды (пунктирная линия) и её сравнение с временной реализацией сигнала биений

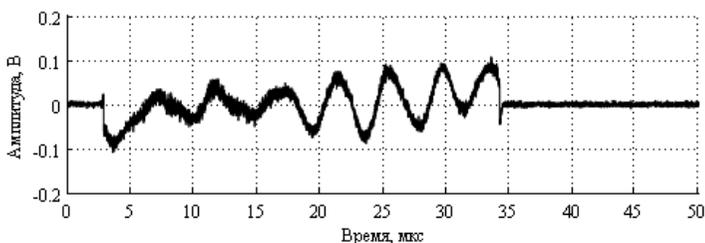


Рис. 3. Временная реализация сигнала биений после компенсации низкочастотной гармоник

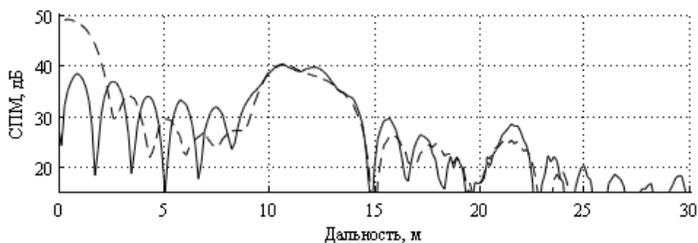


Рис. 4. Зависимость СПМ сигнала биений от дальности. Пунктирной линией представлен график до компенсации низкочастотной гармоник, непрерывной – после

Результатом работы представленного метода цифровой обработки сигнала является увеличение уровня межканальной развязки, что видно на рис. 4. Метод прост в реализации, эффективен и не требует больших вычислительных мощностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stove A.G. Linear FMCW radar techniques // IEEE Proc. October 1992. Pt.F. Vol. 139, №5. P. 343–350.
2. Гришин Ю.П. Радиотехнические системы: учеб. для вузов / Ю.П. Гришин, Ю.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов и др.; ред. Ю.М. Казаринов. М. : Высш. шк., 1990. 496 с.
3. Mahafza B.R. Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB, Chapman & Hall / CRC, N.Y., 2000.

ПРИЕМ И ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

А.А. Марамзина, аспирантка каф. информационной безопасности

*Научный руководитель И.А. Ветров, декан, доцент каф. судовых
радиотехнических систем, к.т.н.*

г. Калининград, ФГБОУ ВПО «КГТУ», радиотехнический факультет

Объектами безопасности мореплавания являются, прежде всего, морские суда – основное звено морской транспортной системы, использование которых составляет сущность мореплавания. Безопасность же человеческой жизни на море является приоритетным вопросом. При возникновении чрезвычайной ситуации необходимо быстрое оповещение и координирование центра обеспечения безопасности, а также установление эффективного и надежного канала связи и передачи информации от этого центра спасательным группам на месте аварии. Не менее важной является система мониторинга состояния объектов водного транспорта.

Для обеспечения таких задач необходимо создать широкополосную высокоскоростную сеть передачи данных на основе использования телекоммуникационной технологии WiMAX.

На сегодняшний день возможности WiMax 802.16 – это пропускная способность до 75 Мбит/с и радиус действия 25–80 км. Но ожидается вторая версия стандарта 802.16, которую утвердил Институт инженеров электроники и электротехники (IEEE). Стандарт IEEE 802.16m, известный как как WirelessMAN-Advanced и WiMAX-2, позволит повысить пропускную способность беспроводных сетей в несколько раз. Так, стационарное оборудование в сетях нового поколения сможет принимать данные на скорости до 1 Гбит/с, а мобильные гаджеты и портативные компьютеры – до 100 Мбит/с. При этом сохранится обратная совместимость с существующим оборудованием WiMAX. Существующие мобильные сети WiMAX (IEEE 802.16e)

обеспечивают теоретическую пропускную способность до 40 Мбит/с. При передаче данных на стационарный компьютер скорость достигает 75 Мбит/с. WiMAX второго поколения обеспечит скорость передачи данных в 330 Мбит/с. Сертификация оборудования стандарта 802.16m, вероятно, начнется в текущем году. Запуска первых коммерческих сетей WiMAX-2 стоит ожидать в текущем или следующем году. В свою очередь, локальные сети Wi-Fi становятся логичным продолжением сетей WiMAX. Сети Wi-Fi работают на частотах 2,4 или 5 ГГц [5].

Одним из основных параметров, определяющих работоспособность системы, является помехоустойчивость. В данной работе была рассчитана дальность передачи информации, которая составила 9,33 км. В качестве примера приемопередающего устройства был выбран WiMAX Sentry 4G-900, представляющий собой защищенный IP-маршрутизатор со встроенным приемником спутниковой навигации. Для практических исследований были применены два персональных компьютера, Wi-Fi IP-камера стандарта 802.11n и маршрутизатор Asus WL-520gC, скорость передачи и приема данных у которого 100 Мбит/с. Для определения загруженности канала передачи информации использована программа NetPerSec v 1.1. При передаче одновременно видеоданных и данных от геоинформационной системы общая загруженность канала составит 230 КБ/с.

На основе анализа параметров канала связи и приемопередающего устройства для передачи данных большой емкости, таких как видеoinформация и информация от геоинформационной системы по беспроводным каналам связи, приведен пример необходимых устройств.

В качестве такого устройства может быть использована система беспроводной передачи видео/аудио Trango Eagle Plus 2.4 ГГц. EaglePLUS™ является универсальной беспроводной видеосистемой с высокой разрешающей способностью и имеет более широкие возможности, чем обычная беспроводная видеосистема [4].

Использование данной технологии позволит решать следующие задачи:

- передача текстовых сообщений;
- передача голосовых сообщений;
- передача видеoinформации и информации от геоинформационных систем;
- возможность удаленного управления узлами корабля и системой видеонаблюдения;
- распространение информации для всех судов, находящихся в зоне действия системы.

Использование такого защищенного канала связи важно в целях обеспечения безопасности людей на борту судна. Это дает возмож-

ность организовать видеоконференцию с квалифицированными врачами, которые смогут дать необходимые консультации и поставить предварительный диагноз.

Заключение. Таким образом, разработанная система передачи и приема данных большой емкости позволит выполнить задачи, возложенные на центр обеспечения безопасности на водном транспорте, обеспечит контроль за состоянием объектов, что, в конечном счете, определит жизнь и безопасность людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. М.: Техносфера, 2005. 592 с.
2. Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. 272 с.
3. Зыков В.И., Мосягин А.Б., Золотарев А.Ю. Цифровая ведомственная корпоративная сеть связи Государственной противопожарной службы // Ведомственные корпоративные сети, системы. М.: Стройиздат. 2002. № 5. 323 с.
4. Джон Росс. Wi-Fi. Беспроводная сеть / Пер. с англ. В.А. Ветлужских. М.: ИТ-Пресс, 2007. 320 с.
5. Syed Ahson, Mohammad Ilyas. WiMAX: Technologies, Performance Analysis, and QoS. Изд-во CRC Press, 2008. 296 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЕТА МОЩНОСТИ СИГНАЛА В ГОРОДЕ

С.В. Мелкомуков, студент

*Научный руководитель П.М. Зацепин, доцент
г. Барнаул, АлтГУ, каф. ВТуЭ, Melkomukov_s@mail.ru*

Сегодня получили большое распространение сети GSM, Wi-Fi, WiMAX и т.п. Особую значимость этим технологиям придают мобильные устройства, такие как смартфоны и планшетные компьютеры. Удовлетворенность пользователей этих устройств во многом зависит от качества сигнала, которое, в свою очередь, зависит от расположения антенн, излучающих этот сигнал [1].

Задача об излучении и метод моментов. Существуют различные методы компьютерного моделирования и расчетов распространения сигналов, генерируемых антенной в пространстве, многие из которых применяются на практике. Выбор используемого в конкретном случае метода определяется объектом и целью моделирования, требуемой точностью и имеющимися ресурсами [2]. Рассмотрим задачу об излучении конкретно для следующей модели города (рис. 1).

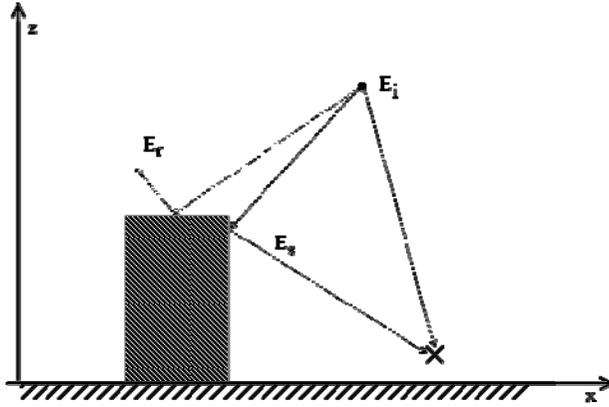


Рис. 1. Поля которые необходимо учесть в заданной точке

Антенна на рис. 1 обозначена как точечный источник, так как мы имеем дело с дальним полем, и расстояние до точек наблюдения и препятствий составляют десятки, сотни и более длин волн. Точка наблюдения обозначена крестом. Здание обозначено штрихованным прямоугольником. Рассмотрим электрическое поле E_x в точке наблюдения. Оно равно сумме прямого поля от источника E_i , рассеянного на здании E_s и отраженного от здания E_r .

В общем виде задача излучения электромагнитного поля антенной может быть описана уравнениями Максвелла [3]:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -i\mu_0\omega\vec{H}; \quad \operatorname{rot} \vec{H} = -i\varepsilon_0\varepsilon\omega\vec{E}. \quad (1)$$

Для простоты и удобства будем рассматривать сигнал как плоскую волну в двух поляризациях, а трехмерное пространство будем считать набором плоскостей. Запишем интегральное представление через преобразование Фурье для электрической и магнитной составляющей поля, рассеянного от здания:

$$\begin{aligned} E_{sx} &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int A_x(\xi) e^{i\xi(x-x_0) + iW_i(z-z_0)} d\xi; \\ H_{sy} &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int C_y(\xi) e^{i\xi(x-x_0) + iW_i(z-z_0)} d\xi; \\ E_{sz} &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int A_z(\xi) e^{i\xi(x-x_0) + iW_i(z-z_0)} d\xi; \\ H_{sz} &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int C_z(\xi) e^{i\xi(x-x_0) + iW_i(z-z_0)} d\xi, \end{aligned} \quad (2)$$

где $W_i = \sqrt{\xi^2 - \varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \omega^2}$.

Для примера возьмем вертикальную поляризацию сигнала, и расписав роторы, в (1) подставив (2), сократив одинаковые множители в левой и правой части, получаем уравнения:

$$\left\{ \begin{array}{l} A_z(\xi) = \frac{\xi C_y(\xi)}{\varepsilon_0 \varepsilon \omega}; \\ A_x(\xi) = \frac{W_i C_y(\xi)}{\varepsilon_0 \varepsilon \omega}; \\ C_z = \frac{-\xi^2 C_y + W_i^2 C_y(\xi)}{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \omega^2}. \end{array} \right. \quad (3)$$

Запишем граничные условия для здания с учетом нашей поляризации:

$$E_{sx} - ZH_{sy} = -((E_i + E_r) - Z(H_i + H_r)); \quad (4)$$

$$E_{sz} - ZH_{sy} = -((E_i + E_r) - Z(H_i + H_r)). \quad (5)$$

Подставим (2) в (4) и (5), выразив все неизвестные коэффициенты, используя (3), через C_y и применив метод моментов, получим 2 уравнения вида

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left(\frac{W_i}{\varepsilon_0 \varepsilon \omega} - Z \right) e^{iW_i(z-z_0)} \sum X_i \int \phi_i(x') \phi_k(x') dx' = \int F(x) \phi_k(x) dx. \quad (6)$$

Таким образом, мы получили аналитический вывод, обеспечивающий решение интегральных уравнений задачи об излучении, что гарантирует реализуемость решения данной задачи и должно обеспечить выигрыш по времени вычисления значений мощности, по сравнению с другими методами. Данный метод планируется использовать как основной в программном комплексе PenetratorFS, осуществляющим расчет оптимального расположения антенны для достижения наилучшего качества приема сигнала конечными устройствами, а также расчет мощности сигнала в точках наблюдения при заданной установке антенны в условиях города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарев Г. А., Куликов Е.Д., Тельпуховский Е.Д. Распространение УКВ в городе. М.: РАСКО, 1991. 223 с.
2. Банков С.Е., Курушин С.Е. Электродинамика и техника СВЧ для пользователей САПР. М.: Солон-Пресс, 2008. 276 с.
3. Митра Р. Вычислительные методы в электродинамике. М.: Мир, 1977. 485 с.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

А.М. Мукашев, Н.И. Муслимова

Научный руководитель А.В. Пуговкин, проф. каф. ТОР

г. Томск, ТУСУР, ali_2475@mail.ru

*Проект ГПО ТОР-1202 – «Инфокоммуникационные технологии
интеллектуальных зданий»*

Достоверный учет потребляемой тепловой энергии каждым отопительным прибором является актуальной проблемой, особенно для систем снабжения с вертикальной разводкой.

Решение данной проблемы возможно с использованием уравнения Ньютона–Рихмана:

$$P = G_{уст} \cdot (T_{уст} - T_1), \quad (1)$$

где P – тепловая мощность, отдаваемая источником; $G_{уст}$ – коэффициент теплоотдачи отопительного прибора; $T_{уст}$ – средняя температура поверхности отопительного прибора; T_1 – температура воздуха в помещении.

Основной задачей, подлежащей решению, при этом является нахождение коэффициента теплоотдачи, которая обычно находится из справочной литературы или путем измерения в специализированных лабораториях. Этот способ не учитывает индивидуальные особенности отдельных эксплуатируемых приборов и обладает низкой точностью измерения.

Нами разработан метод измерения коэффициента теплоотдачи. Суть его заключается в следующем:

В динамическом режиме (например: прекращение подачи тепловой энергии) из нестационарного уравнения теплового баланса получим

$$G_{уст} = \frac{dT_{уст}}{dt \cdot (T_{уст} - T_1)} \cdot C, \quad (2)$$

где C – теплоемкость отопительного прибора; $\frac{dT_{уст}}{dt}$ – скорость изменения температуры.

На основе этого выражения составлена программа для вычисления $G_{уст}$. Методика работы программы заключается в следующем. Экспериментальные данные считываются с температурных датчиков с определенным временным интервалом, заносятся в память и обрабатываются в соответствии с выражением (2). Температурные зависимости содержат как детерминированную, так и флуктуационную составляющую. Для устранения флуктуаций применяем операцию сглаживания

ния с помощью временных окон. Из большого разнообразия временных окон выбираем прямоугольное окно.

Теплоемкость батареи вычисляется путем суммирования теплоемкости корпуса металлического прибора и воды. При этом используются удельные теплоемкости воды, чугуна и алюминия.

Эксперимент проводился на двух разных отопительных приборах: чугунном радиаторе и алюминиевом. При выключении подачи теплоносителя, температурная зависимость носила спадающий характер, близкий к экспоненциальному. Результаты вычислений приведены на рис. 1.

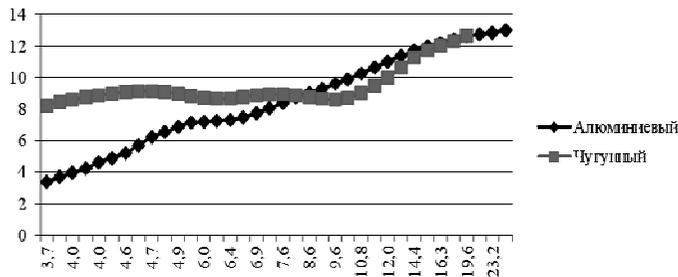


Рис. 1. Зависимость $G_{ист}$ алюминиевого и чугунного радиаторов от разности между температурой батареи и воздуха

Из рисунков видно, что для обоих отопительных приборов коэффициент теплоотдачи не является константой и увеличивается с ростом температуры. Для чугунного радиатора это увеличение небольшое. Для алюминиевого радиатора изменение коэффициента теплоотдачи значительно больше. Такое поведение можно объяснить тем, что в процессе теплоотдачи участвуют два механизма: теплопроводность и конвекция. Коэффициент конвективного обмена зависит от разности температур. Условие конвективного обмена гораздо лучше в алюминиевых радиаторах благодаря их конструкции. Полученные результаты следует учитывать при вычислении тепловой энергии, отдаваемой отопительным прибором.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГЕНЕРАТОРА СИГНАЛОВ СИСТЕМЫ WIMAX

Д.А. Покаместов, студент

Научный руководитель Е.В. Рогожников, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, dmal@sibmail.com

Зарубежные фирмы, занимающиеся разработкой современного измерительного радиооборудования, производят спектроанализаторы

и генераторы способные формировать и распознавать сигналы сложных систем, таких как WIMAX, LTE, GSM и др. Отечественные аналоги лишены таких возможностей. Научно-производственная фирма «Микран» намерена заключить хоздоговор с кафедрой ТОР, в рамках которого, помимо прочего, должна быть создана модель генератора сигналов IEEE 802.16e WIMAX.

WIMAX-технология беспроводной связи на больших расстояниях широкого спектра устройств основана на стандарте 802.16, работа над которым началась в 2001 г. В WIMAX применен ряд новейших методов, таких как пространственно-временное кодирование MIMO, множественный доступ с ортогональным частотным мультиплексированием данных OFDM, мягкий хэндовер и др. В настоящее время сети, построенные на основе 802.16 WIMAX, развернуты в большинстве стран мира и продолжают развиваться.

На данный момент в среде программирования Matlab создана значительная часть модели сигналов нисходящего потока 802.16 WIMAX. В модель включены такие операции, как канальное кодирование, которое включает скремблирование, помехоустойчивое кодирование (сверточный кодер) и перемежение. Биты, прошедшие процедуру кодирования, записываются в два типа символов (четный и нечетный), которые затем по отдельности модулируются. В системе WIMAX предусмотрены такие виды модуляции, как BPSK, QPSK, QAM-16 и QAM-64. Полученные «созвездия» изображены на рис. 1.

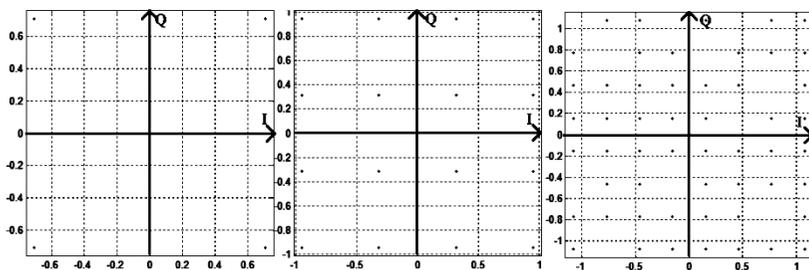


Рис. 1. «Созвездия» QPSK, QAM-16 и QAM-64

Получившиеся символы модуляции переставляются, к ним добавляются пилоты и центральная поднесущая, необходимые для синхронизации. Получившийся массив поднесущих подвергается рандомизации, т.е. сложению по модулю 2 с псевдослучайной последовательностью. Для исключения межсимвольной интерференции слева и справа добавляются защитные интервалы. Следом за этим две половины полученного спектра меняются местами. Спектр до и после перестав-

новки изображен на рис. 2, где 1 – защитные интервалы, 2 – центральная поднесущая.

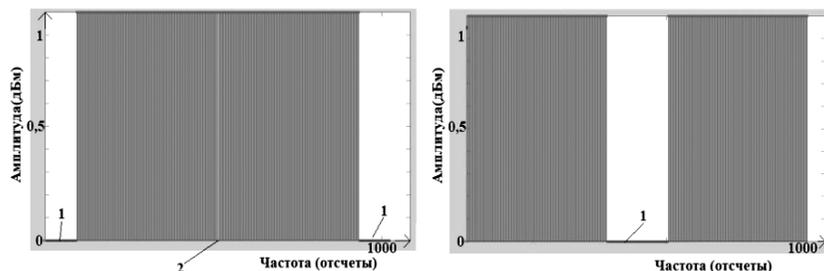


Рис. 2. Спектр до и после перестановки

Вслед за этим спектр подвергается обратному быстрому преобразованию Фурье для формирования символа OFDMA. Далее к символу добавляется циклический префикс, необходимый для борьбы с многолучевым распространением. Получившиеся таким образом четные и нечетные символы объединяются. Итоговый сигнал из двух OFDMA символов с циклическим префиксом изображен на рис. 3.

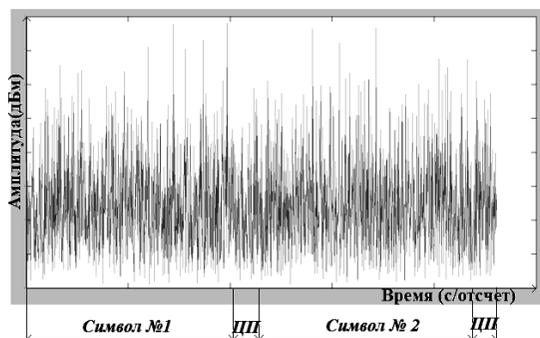


Рис. 3. Итоговый сигнал во времени

Сейчас в модели доступен выбор типа модуляции, размерности БПФ, длины циклического префикса. В дальнейшем планируется сформировать полный кадр WIMAX, создать аналогичную модель для восходящего потока. Должен быть создан пользовательский интерфейс для удобства использования модели с ПК.

Написанный мной программный комплекс будет использоваться в формировании и распознавании сигналов генераторов и спектроанализаторов НПФ «Микран». Будет доступен выбор таких параметров, как тип модуляции, размерность БПФ, длина и количество кадров, частотный разнос и др.

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

*Е.В. Рожеников, аспирант, А.А. Гельцер, ст. преподаватель
г. Томск, ТУСУР, РТФ, каф. ТОР, udzhon@sibmail.com*

Современные системы связи сталкиваются с необходимостью увеличения пропускной способности и повышения скорости передачи данных. Существует несколько вариантов решения данной проблемы: повышение спектральной эффективности за счет уменьшения уровня внеполосного излучения (применение фильтра Найквиста, FBMC – Filter Bank Multi Carrier) [1, 2]. Применение технологий пространственного кодирования сигнала – технология ММО [3]. Традиционно системы связи используют дуплексное разделение передаваемой и принимаемой информации. Резервом повышения скорости передачи данных является возможность применения полного дуплекса, т.е. передача и прием сигналов будут производиться в одной полосе частот одновременно. В данной статье речь пойдет о способах организации связи с использованием полного дуплекса.

Применение полного дуплекса подразумевает два приемопередающих пункта, каждый из которых одновременно осуществляет передачу и прием сигналов в одной полосе частот, сложность заключается в том, что приемный тракт каждого приемопередающего пункта будет «забит» собственным передаваемым сигналом. Для того чтобы полнодуплексная связь стала реализуемой, необходимо в каждом приемопередающем пункте произвести компенсацию собственного передаваемого сигнала в приемном тракте. Рассмотрим цифровые и аналоговые методы компенсации «паразитного» сигнала.

Аналоговая компенсация сигнала. Наиболее простым методом компенсации передаваемого сигнала в каждом приемопередающем пункте является компенсация передаваемого сигнала при помощи комплекта из двух передающих и одной приемной антенны, передающие антенны располагаются так, что в точке расположения приемного устройства сигналы излучаемые этими антеннами, складываются в противофазе, тем самым компенсируя друг друга [4]. Блок-схема расположения передающих и приемных антенн приведена на рис. 1.

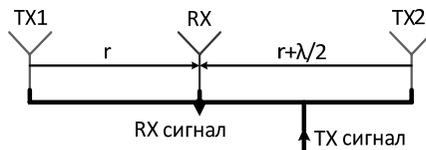


Рис. 1. Схема аналогового подавления передаваемого сигнала в приемнике при помощи третьей антенны

На рис. 1 обозначено: TX1 – первая передающая антенна, TX2 – вторая передающая антенна, RX – приемная антенна, r – расстояние между первой передающей и приемной антеннами, λ – длина волны.

Данная схема компенсации неприменима в реальных устройствах, поскольку во втором приемепередающем пункте сигналы также могут сложиться в противофазе, как следствие, передача не будет осуществлена.

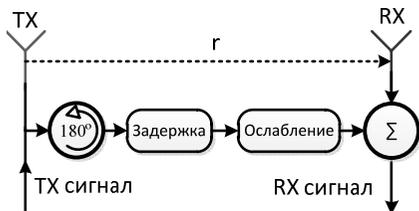


Рис. 2. Блок-схема системы аналогового подавления передаваемого сигнала в приемнике при помощи дополнительной линии

Более пригодной к реализации является схема включения в приемный тракт сигнала от передающей антенны в противофазе с сигналом передатчика, прошедшим через антенны. Блок-схема подобной системы представлена на рис. 2.

Сигнал от передающей антенны, поступающий в приемный тракт через приемную антенну, задерживается и ослабляется. Для того чтобы получить максимальную компенсацию этого сигнала в приемном тракте, компенсирующий сигнал должен практически полностью совпадать с принимаемым, для этого в компенсационном канале вводятся задержка и ослабление, идентичные тем, что происходят в воздухе. Поворот фазы на 180° в компенсационном канале необходим для того, чтобы при сложении в сумматоре сигналы скомпенсировали друг друга.

Дополнительная цифровая компенсация. При использовании полнодуплексной связи в городской среде, либо внутри помещений нельзя исключить многолучевость канала распространения радиоволн (РРВ) между передающей и приемной антенной, что будет значительно влиять на уровень помехи, оставшейся в приемном тракте после аналоговой компенсации. Для устранения влияния канала РРВ предлагается ввести дополнительную цифровую компенсацию помехи, оставшейся после аналоговой компенсации. Предлагаемая блок-схема системы приведена на рис. 3.

Оценка канала РРВ может быть проведена любым известным способом, например при помощи метода наименьших квадратов [5]. После оценки канала РРВ формируется компенсирующий сигнал, который складывается с сигналом с выхода АЦП, таким образом производится компенсация помехи, оставшейся после аналоговой компенсации.

Для проверки эффективности предложенных способов организации полнодуплексной связи было произведено моделирование в пакете Matlab. Результаты моделирования приведены на рис. 4.

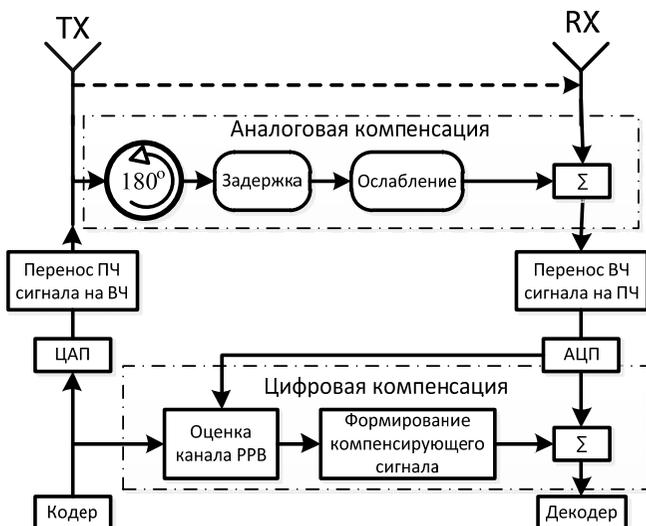


Рис. 3. Блок-схема системы компенсации полнодуплексной системы связи

Для моделирования алгоритмов компенсации передаваемого сигнала в приемном тракте использовался OFDM-сигнал полосой 10 МГц, мощность передатчика от -10 до $+20$ дБм, ослабление в канале связи 20 дБ. При моделировании использовалась импульсная характеристика канала рекомендованная МСЭ-Р для городской среды [6]. Как следует из рис. 4, эффективность подавления помехи значительно повышается при использовании аналоговой и цифровой компенсации совместно и достигает 75 дБ.

Заключение. Применение описанных способов компенсации сигнала передающей антенны в приемном тракте позволит организовать полнодуплексную связь, тем самым повысить скорость передачи данных в два раза. Также описанные методы могут быть применены в радарах непрерывного излучения для увеличения уровня развязки, а следовательно, увеличения мощности излучаемого сигнала и дальности действия системы.

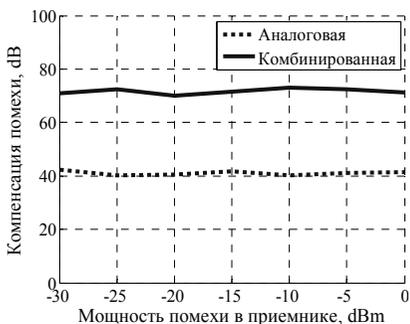


Рис. 4. Зависимость аналоговой, цифровой и комбинированной компенсации помехи от мощности помехи в приемнике

ЛИТЕРАТУРА

1. Передача цифрового сигнала по узкополосным каналам. Межсимвольная интерференция и формирующие фильтры Найквиста [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dsplib.ru/content/isi/isi.html>, свободный (дата обращения: 16.02.2013).
2. Балашова К.В., Лобанов Н.А., Долгих Д.А. Filter bank multicarrier модулятор // Научная сессия ТУСУР–2012: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2012», посвященной 50-летию ТУСУРа, 16–18 мая 2012 г. Томск, 2012. Ч. 2. С. 75–78.
3. Gesbert D., Sha M., Shiu D., Smith P.J., and Nguib A. From theory to practice: An overview of MIMO spacetime coded wireless systems // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. April 2003. №21(3). P. 281–302.
4. Practical, Real-time, Full Duplex Wireless [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sing.stanford.edu/pubs/mobicom11-duplex.pdf>, свободный (дата обращения: 16.02.2013).
5. Channel Models: A Tutorial. 2011 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-08/ftp/channel_model_tutorial.pdf, свободный (дата обращения: 16.02.2013).

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРАВИЛЬНОСТИ РАСПАЙКИ РАЗЪЕМОВ

Д.С. Широченко, Р.С. Широченко, студенты

Научный руководитель А.С. Вершинин, аспирант

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

г. Томск, ТУСУР, каф. TOP, dmshirochenko@gmail.com

Данная статья посвящена описанию полученных результатов в ходе разработки приложения для определения правильности распайки разъемов. Приложение написано с использованием среды разработки QT.

QT представляет собой комплексную среду разработки приложений для разработки на языке C++, предназначенную для создания межплатформенных приложений с графическим пользовательским интерфейсом по принципу «написал программу – компилируй её в любом месте». Qt позволяет программистам использовать дерево классов с одним источником в приложениях, которые будут работать в системах от Windows 98 до Vista, Mac OS X, Linux, Solaris, HP-UX и во многих других версиях Unix с X11. Библиотеки и утилиты Qt входят также в состав Qt/Embedded Linux – программного продукта, обеспечивающего собственную оконную систему для встроенной системы Linux [1].

Данное приложение использует протокол TCP/IP в своей основе. Чтобы технология TCP/IP могла решать задачу объединения сетей, ей необходима собственная глобальная система адресации, не зависящая от способов адресации узлов в отдельных сетях. Эта система адресации должна позволять универсальным и однозначным способом идентифицировать любой интерфейс составной сети. Очевидным решением является уникальная нумерация всех сетей составной сети, а затем нумерация всех узлов в пределах каждой из этих сетей. Пара, состоящая из номера сети и номера узла, отвечает поставленным условиям и может служить в качестве сетевого адреса. В технологии TCP/IP сетевой адрес называют IP-адресом [2].

Определившись со средой и протоколом, поговорим теперь непосредственно о приложении. Интерфейс приложения представлен на рис. 1.

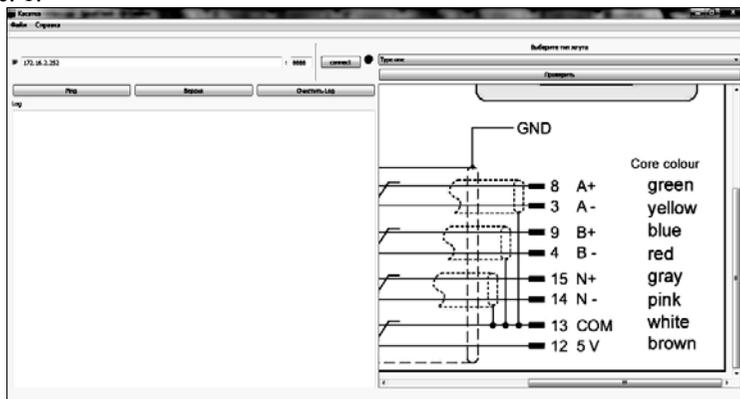


Рис. 1. Интерфейс приложения

Работа приложения начинается с кнопки connect, после чего приложение пытается соединиться с устройством, к которому непосредственно подсоединяется проверяемый жгут, используя заданный IP адрес и порт. В случае успешного соединения приложение автоматически загружает прошивку на устройство. Далее необходимо выбрать тип проверяемого разъема (жгута) и нажать кнопку «проверить». После чего, используя протокол TCP/IP, приложение отправляет команду устройству начать алгоритм проверки.

Алгоритм проверки разработан авторами данной статьи и реализован на ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема), который заключается в последовательной подаче единицы на один из входов и нулей на других входах и записывании состояний на выходе. Таким образом, необходимо произвести n -измерения (где n – количе-

ство входов). После чего полученные данные записываются в массив и передаются приложению. Приложение получает данный массив и сравнивает его с эталонной таблицей распайки, подгружаемой из файла, после чего выносит решение о правильности распайки. В случае ошибки приложение выдаст отчет о том, в каком месте распайка произведена неверно.

Полученное приложение имеет простой, понятный интерфейс. Решает поставленную перед ним задачу, выдавая полный отчет, о правильности распайки разъема. Дает указания для исправления ошибок в случае необходимости. Является готовым программным продуктом, который будет использоваться компанией «МИКРАН».

ЛИТЕРАТУРА

1. Бланшет Ж., Саммерфилд М. Qt 4: программирование GUI на C++. Пер. с англ. 2-е изд., доп. М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2008. 736 с.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учеб. для вузов. 3-е изд. СПб.: Питер, 2006. 958 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОДИНОЧНОЙ ЯЧЕЙКИ СЕТИ LTE В СИМУЛЯТОРЕ С ОТКРЫТЫМ КОДОМ

Р.С. Широченко, Д.С. Широченко, студенты

Руководитель А.С. Вершинин, аспирант

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

г. Томск, ТУСУР, каф. TOP, rshirochenko@gmail.com

Целью данной статьи было смоделировать работу одиночной ячейки сети LTE. Для моделирования использовался симулятор сетей LTE с открытым исходным кодом LTE-Sim [1]. По результатам моделирования были измерены коэффициент потерь пакетов и временные задержки для разного количества пользователей, одновременно использующих сеть.

LTE-сценарий моделирования может быть создан как функция static в C++ файла заголовка. Ссылки на эту функцию должны быть добавлены в основную программу. Таким образом, пользователь может моделировать свой LTE-сценарий, выбрав его непосредственно из основной программы.

Базовый сценарий может быть создан с использованием следующих шагов:

- Создание переменных для Simulator, NetworkManager (сетевой менеджер), FlowsManager (менеджер потоков), и FrameManager (менеджер кадров) компонентов.

- Создание Cell (ячейки), ENodeB (базовой станции) и UE (абонента) объектов с использованием методов NetworkManager класса. Для каждого из этих объектов параметры могут быть назначены с использованием конструктора класса.

- Создание приложений, определенных для каждого из них источника и назначения, QoS (Quality of Service) параметры, IP-параметры (длина пакета, время жизни пакета, тип обслуживания), время начала и время окончания.

- Определить продолжительность моделирования и, наконец, вызвать функцию Simulator: Run().

Проведем моделирование работы одной базовой ячейки. При этом оценим эффективность разных алгоритмов распределения для канала нисходящего потока (алгоритмы планирования PF (Proportional Fair), M-LWDF (Modified Largest Weighted Delay First) и EXP (Exponential fair)). Рассмотрим параметры сценария моделирования: 1 базовая ячейка LTE с радиусом 1 км, число пользователей варьируется от 5 до 20 (с шагом 5 пользователей), пользователи равномерно распределены в ячейке. Пользователи (абонентская станция) случайно передвигаются со скоростью (используется модель RandomWalk [3]) 3 км/ч. Полоса пропускания 10 МГц.

Каждый пользователь получает один поток видео в формате H.264 (в формате 128 Кбит/с), один VoIP-поток и один максимум возможно-го потока данных.

На рис. 1 показано соотношение коэффициента потери пакетов (Packet lose rate), испытываемых при передаче видео. Как и ожидалось, коэффициент потери пакетов увеличивается с увеличением количества пользователей. Причина этого в том, что в сценарии с большим количеством пользователей (абонентов), одновременно использующих сеть в режиме реального временного потока данных, вероятность отбрасывания пакетов возрастает.

Также приведем результаты средней временной задержки сигнала для разного количества пользователей для разного количества пользователей на рис. 2.

Возможности настоящего симулятора позволяют проводить моделирование работы сетей 4G. Открытый код LTE-Sim позволяет проводить тестирование и сравнение новых решений для LTE-систем.

В итоге проведенной работы можно сказать, что данная платформа имеет достаточный функционал для проведения моделирования сетей LTE. Используя LTE-Sim, можно производить моделирование более сложных сетей со множеством ячеек, производить исследования и измерения на основе полученных в результате данных. Эффективность разработанного симулятора была доказана несколькими научными работами, в которых для моделирования использовалась данная платформа [2].

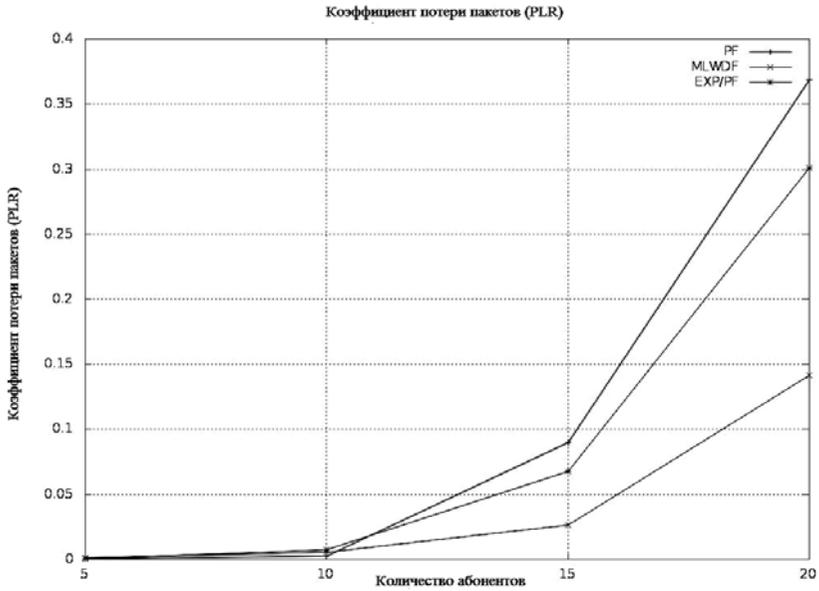


Рис. 1. Коэффициент потерь пакетов (PLR), испытываемых при передаче видеопотока

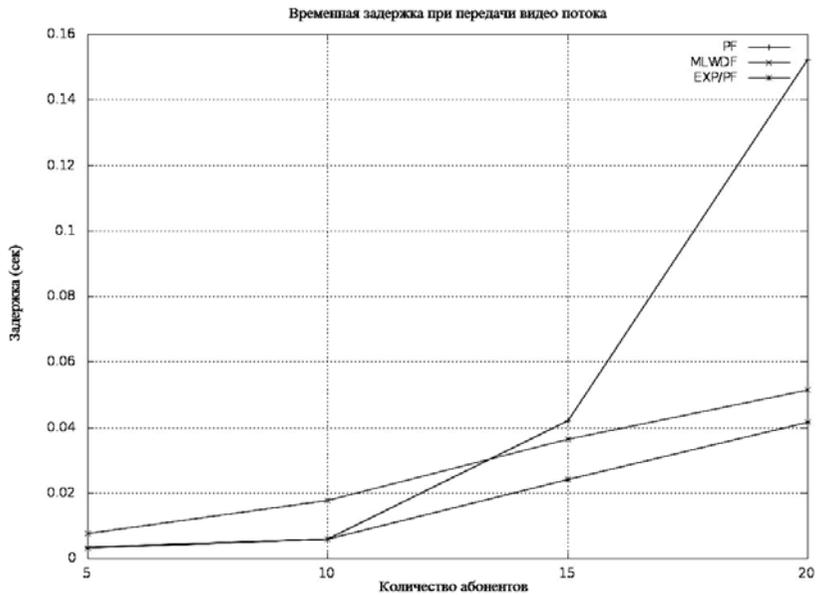


Рис. 2. Временная задержка сигнала в зависимости от количества пользователей при передаче видеопотока

ЛИТЕРАТУРА

1. «LTE-Sim» [Электронный ресурс]. URL: <http://telematics.poliba.it/index.php/en/lte-sim> (дата обращения: 08.03.2013).
2. Giuseppe Piro, Luigi Alfredo Grieco, Gennaro Boggia, Francesco Capozzi, and Pietro Camarda. Simulating LTE Cellular Systems: an Open Source Framework // IEEE Trans. Veh. Technol. Feb, 2011. Vol. 60, №2.
3. Weiss G.H. Aspects and Applications of the Random Walk // Journal of Statistical Physics. April 1995. Vol. 79, Issue 1–2. P. 497–500.

АЛГОРИТМ МНОГОКАМЕРНОЙ ВИДЕОАНАЛИТИКИ ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ МАНЕВРИРУЮЩИХ ЦЕЛЕЙ

Д.Н. Ушарова, аспирантка, В.О. Пашков, студент

*Научный руководитель Е.П. Ворошилин, зав. каф. ТОР, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, udn@sibmail.com*

По мере развития и удешевления технической базы комплексов видеонаблюдения, круг задач, которые могут выполнять данные комплексы, постоянно расширяется. Соответственно для решения данных задач необходимо развитие не только аппаратной, но и программной части комплексов видеонаблюдения, называемой видеоаналитикой.

Например, в торговле к задачам видеоаналитики можно отнести удаленный подсчет количества вошедших и вышедших посетителей с выявлением тенденций, аналитика по дням недели, времени суток, анализ посещаемости торговых зон и выявление основных мест покупок, определение и анализ маршрутов движения посетителей, оценка намерений по приобретению отдельных категорий товаров, удаленное управление очередями и работой кассиров, распознавание и реагирование на возгорание и задымление, обнаружение оставленных предметов, контроль и учет рабочего времени, контроль территории [1].

Целью данного проекта является разработка алгоритма сопровождения маневрирующих целей несколькими видеокамерами. Обобщенно, данная задача подразумевает решение следующих подзадач [2]:

- 1) обнаружение движущейся цели;
- 2) распознавание существующей цели;
- 3) отслеживание траектории цели в зоне видимости одной камеры;
- 4) проецирование траектории объекта с разных камер на карту;
- 5) сопоставление глобальных координат наблюдаемых объектов, которые потенциально могут наблюдаться несколькими камерами, но соответствовать одному физическому объекту;
- 6) обобщение траекторий, полученных с разных камер, в глобальную траекторию.

Обзор существующих реализаций алгоритма сопровождения маневрирующих целей выявил следующие недостатки:

1. Распознавание существующей цели основано на самообучающемся алгоритме распознавания изображений, при котором в ходе работы алгоритма накапливается массив изображений текущего объекта, каждое из которых ищется на новом изображении с камеры корреляционным методом. Недостатком данного подхода является отсутствие зависимости новых координат объекта от траектории объекта.

2. В реализованных алгоритмах определения траектории отсутствует этап обнаружения маневра движущейся цели, который позволяет более точно аппроксимировать траекторию цели, которая временно выходит из области видимости камеры наблюдения, и фильтровать цели при пересечении траекторий.

3. Видеопоток с разных камер обрабатывается независимо друг от друга, что приводит к задержке при обнаружении объекта, который перемещается из области видимости одной камеры в область видимости другой камеры.

Для устранения вышеперечисленных недостатков есть возможность воспользоваться алгоритмами и процедурами обработки информации из смежных областей знаний, таких как радиолокация и системы беспроводной связи.

Для устранения первых двух недостатков можно использовать алгоритмы автоматического сопровождения целей, такие как Калмановская фильтрация. Наиболее подходящим алгоритмом сопровождения активно маневрирующих целей согласно [3] являются алгоритмы фильтрации Калмана с реинициализацией, обнаружением маневра и метода глобального ближайшего соседа для распутывания (распределения) отметок от разных целей при их одновременном сопровождении.

Данный алгоритм оценивает текущие координаты объекта, основываясь на предыдущем состоянии системы, и аппроксимирует траекторию объекта за счет обнаружения маневра, что позволит:

- 1) более точно указать координаты объекта;
- 2) проводить поиск существующих объектов на новом кадре не по всему изображению, а лишь в ограниченной области, заданной текущим маневром цели;
- 3) не терять захват объекта при кратковременном выходе объекта из области видимости камеры;
- 4) фильтровать цели при пересечении траекторий целей.

Для устранения третьего недостатка можно воспользоваться процедурой «хэндовера», применяющейся в сетях связи с ячеистой топологией, когда абонент выходит из зоны покрытия одной базовой стан-

ции в другую, при этом не теряя подключения к корреспондирующему узлу.

Использование данной процедуры при переходе объекта из области видимости одной камеры в область видимости другой камеры позволит передать характеристики объекта, который необходимо искать на изображении, сразу как только он попадет в область видимости камеры, что позволит избежать задержки в распознавании цели и упростит процедуру обобщения траекторий с разных видеокамер.

Заключение. Применение описанных алгоритмов позволит увеличить точность сопровождения маневрирующих целей, уменьшить вычислительную нагрузку, а значит, и снизить стоимость аппаратного обеспечения комплекса видеонаблюдения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Форум «Бизнес-видео» – Развитие систем видеоаналитики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.osp.ru/bvideo/2012/03/13013912.html>, свободный (дата обращения: 10.02.2013).

2. Многокамерная видеоаналитика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/synesis/blog/117746/>, свободный (дата обращения: 12.02.2013).

3. Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации: сопровождение целей / Пер. с англ. А.М. Бочкарев; ред. А.Н. Юрьев. М.: Радио и связь, 1993. 319 с.

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ СПУТНИКОВОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В NS-2

Д.А. Юдин, П.С. Киселев, студенты

*Научный руководитель Д.Н. Ушарова, аспирант каф. ТОР
г. Томск, ТУСУР, Dyudin23@gmail.com*

Основная сложность маршрутизации в спутниковых сетях, в структуру которых входят низкоорбитальные спутники (LEO) состоит в быстром изменении топологии сети из-за движения спутников. Сравнение алгоритмов выполняется по параметрам:

- число транзитных участков (хопов);
- задержка;
- надежность;
- загрузка.

Цель работы. Сравнение статического и дистанционно-векторного алгоритма маршрутизации по надежности, а именно коэффициента доставки пакетов, при изменении количества абонентов в сети 2/4/8/16.

Сравнение проводилось в симуляторе Network Simulator-2 (NS-2), в котором была спроектирована сеть с параметрами, приведенными в таблице.

Параметры спроектированной сети

Access method – Метод доступа	Aloha
Handoff – Хэндовер	Мягкий
Packet size – Размер пакета	210
Algorithm of operation with queue – Алгоритм работы с очередью	Drop Tail
Queue limit – Лимит очереди	50
Number of LEO satellites – Количество спутников на околоземной орбите	16
Number of GEO satellites – Количество спутников на геостационарной орбите	1
Up/down bandwidth – Полоса восходящего/нисходящего канала	10?5
ISL bandwidth – Полоса межспутникового канала	50

Итогом моделирования является график зависимости поведения статической и дистанционно-векторной маршрутизации от количества стационарных абонентов.

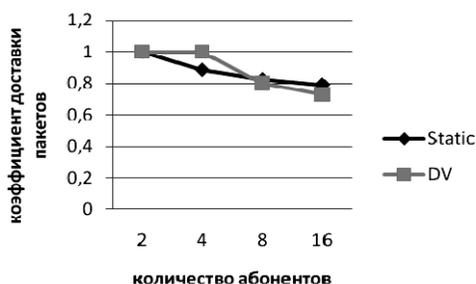


Рис. 1. Зависимость коэффициента доставки пакетов от количества абонентов

В дальнейшем для того чтобы полноценно оценить работу алгоритмов маршрутизации, будет построен новый сценарий моделирования, в котором будет добавлена мобильность абонентов.

Также алгоритмы будут оценены не только по коэффициенту доставки пакетов, но и по задержке, по количеству транзитных участков.

Для сравнения будет добавлен еще один алгоритм спутниковой маршрутизации Satellite Grouping and Routing Protocol (SGRP), на базе которого будет спроектирован в NS-2 свой собственный алгоритм спутниковой маршрутизации. Этот алгоритм будет работать для структуры сети, в которую входят: мобильные абоненты; спутники на LEO-, MEO-, GEO-уровнях; наземные шлюзы.

Выводы. Как видим из рис. 1, у дистанционно-векторного алгоритма маршрутизации коэффициент доставки пакетов при количестве

абонентов до 4 выше. Это объясняется тем, что в дистанционно-векторных алгоритмах (DV) каждый маршрутизатор периодически и широковещательно рассылает по сети вектор, компонентами которого являются расстояния (измеренные в той или иной метрике) от данного маршрутизатора до всех известных ему сетей. В больших сетях они периодически засоряют линии связи интенсивным трафиком, к тому же изменения конфигурации не всегда корректно могут обрабатываться алгоритмом этого типа, так как маршрутизаторы не имеют точного представления о топологии связей в сети, а располагают только косвенной информацией – вектором расстояний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chao Chen. Advanced Routing Protocols for Satellite and Space Networks. 2005 by Chao Chen.
2. Kevin Fall. The ns Manual // A Collaboration between researchers at UC Berkeley. LBL, USC/ISI, and Xerox PARC, 2011.
3. Masich G.F. Маршрутизация в IP-сетях. 2011.

SHAPED OFFSET QUADRATURE PHASE SHIFT KEYING-TELEMETRY GROUP VERSION МОДУЛЯТОР

С.Ю. Землянухин, студент

*Научный руководитель Д.А. Долгих, доцент, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТОР, zsyu55@gmail.com*

Успех миссии авиационной и спутниковой телеметрии, главным образом, зависит от надежности связи между авиационными средствами и наземной станцией. В связи с этим в последние годы авиационная телеметрия перешла на спектрально эффективные методы модуляции. Shaped Offset Quadrature Phase Shift Keying – Telemetry Group version (SOQPSK-TG) метод модуляции на данный момент является одним из лучших спектрально-эффективных методов модуляции сигнала.

SOQPSK-TG модель сигнала. SOQPSK-TG сигнал определяется как сигнал с непрерывной фазой (CPM):

$$s(t; \alpha) = \sqrt{\frac{E}{T}} e^{j\varphi(t; \alpha)},$$

где E – энергия символа; T – длительность символа. Избыточная фаза имеет вид

$$\varphi(t; \alpha) = 2\pi h \underbrace{\sum_{i=k-L+1}^k \alpha_i q(t-iT)}_{\theta(t; c_k; \alpha_k)} + \pi h \underbrace{\sum_{i=0}^{k-L} \alpha_i}_{\theta_k},$$

где $h=1/2$ – индекс модуляции; $\alpha_i \in \{-1,0,1\}$ – передаваемый символ, $\theta(t; c_k; \alpha_k)$ является корреляционной фазой и функцией корреляционного вектора состояний $c_k = [\alpha_{k-L+1}, \dots, \alpha_{k-2}, \alpha_{k-1}]$ и текущего символа α_k ; θ_k – это фазовое состояние оставшихся символов. Фазовая характеристика модуляции $q(t)$ определяется как [1]

$$q(t) = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ \int_0^t f(t) dt, & 0 \leq t < LT; \\ 1/2, & t \geq LT, \end{cases}$$

где $f(t)$ – частотный отклик, имеющий длительность L и площадь $1/2$. В SOQPSK-TG применяется парциальный отклик длительностью $L=4$ символа [2]

$$f_{TG}(t) = A \frac{\cos\left(\frac{\pi \rho B t}{2T}\right) \sin\left(\frac{\pi B t}{2T}\right)}{1 - 4\left(\frac{\rho B t}{2T}\right)^2} \times \frac{\pi B t}{2T} \times \omega(t),$$

где $\omega(t)$ – оконная функция приподнятого косинуса.

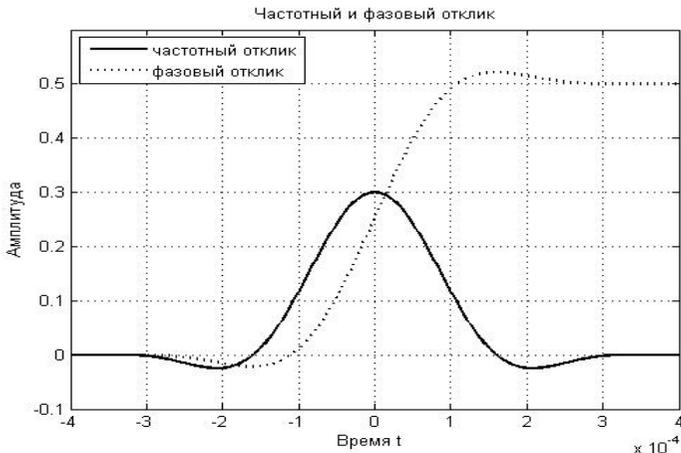


Рис. 1. Частотный и фазовый отклик SOQPSK-TG модулятора

SOQPSK-TG Прекодер. SOQPSK-TG модуляция отличается от обычного CPM тем, что в ней используется операция предварительного кодирования для преобразования двоичных последовательностей c_k в троичные последовательности α_k [1].

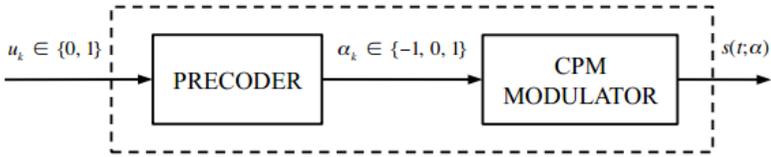


Рис. 2. Структура SOQPSK-TG модулятора

Стандартный прекодер конвертирует двоичные входные биты u_k в троичную информацию в соответствии с отображением (mapping):

$$\alpha_k(u) = (-1)^{k+1} (2u_{k-1} - 1)(u_k - u_{k-2}),$$

где $u_k \in \{0, 1\}$ и $\alpha_k \in \{-1, 0, +1\}$.

Роль прекодера заключается в ориентации фазы сигнала CPM так, чтобы она велась себя как фаза OQPSK-сигнала, которая управляется битовой последовательностью u_k . Особенность заключается в том, что исключается одновременный фазовый переход синфазного и квадратурного каналов, а это значит, что фаза сигнала не будет иметь переход через ноль, соответственно, провалы в комплексной огибающей сигнала исключаются.

На рис. 3 и 4 [3], приведены спектральные плотности мощности SOQPSK-TG, MIL-STD SOQPSK, QPSK- и BPSK-сигналов.

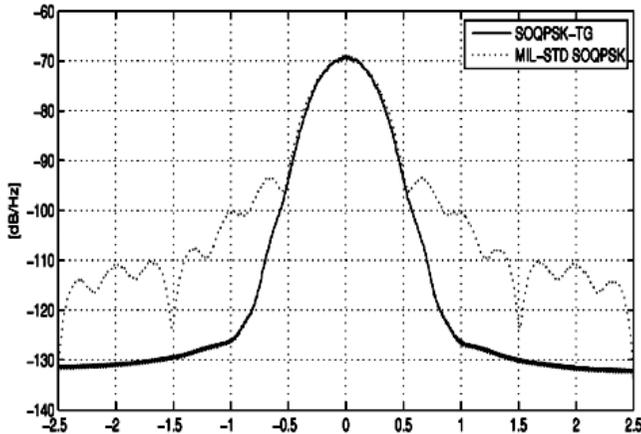


Рис. 3. Спектральная плотность мощности MIL-STD SOQPSK и SOQPSK-TG

Из рисунков видно, что наименьшим уровнем боковых лепестков спектра обладает SOQPSK-TG сигнал.

Таким образом, использование модуляции SOQPSK-TG предпочтительно, благодаря высокой спектральной эффективности и малому пик-фактору.

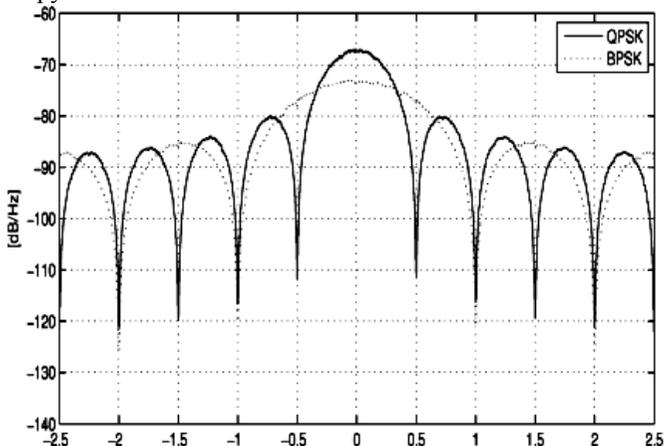


Рис. 4. Спектральная плотность мощности QPSK и BPSK

ЛИТЕРАТУРА

1. Gino Pedro Enrique Rea Zanabria. A Hardware Implementation of a Coherent SOQPSK-TG Demodulator for FEC Applications. 116 p.
2. Прокис Дж. Цифровая связь / пер. с англ.; под ред. Д.Д. Кловского. М.: Радио и связь, 2000. 800 с.
3. Forsberg D., Wahlgren M. Hardvarubaserade SOQPSK-algoritmer / Department of Science and Technology, Linköping University, Norrköping, Sweden, June 2008, 71 p.

СЕКЦИЯ 10

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

*Председатель секции – Катаев М.Ю., профессор каф. АСУ, д.т.н.,
зам. председателя – Суханов А.Я., доцент каф. АСУ, к.т.н.*

СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММ ARIS EXPRESS 2.6 И FOX MANAGER BUSINESS PROCESSES

М.О. Денисенко, М.А. Сурганова, студенты

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф., д.т.н.,
г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, hohlushka21_12@mail.ru
surganchik@mail.ru*

Проект ГПО АСУ-1201

В последние годы на рынках конкуренция становится все жестче, а требования заказчиков и клиентов возрастают, что приводит к тому, что руководство предприятий принимает решение о необходимости проведения реструктуризации своего бизнеса. Основная цель такой реструктуризации – повышение качества своей продукции, сокращение затрат и максимальное удовлетворение требований заказчиков и клиентов. Вот именно тогда руководитель и начинает задумываться, как у него выполняется та или иная работа на данный момент, начинается анализ и описание бизнес-процессов организации.

Бизнес-процесс – это регулярно повторяющаяся последовательность взаимосвязанных мероприятий (операций, процедур, действий), при выполнении которых используются ресурсы внешней среды, создается ценность для потребителя и выдается ему результат [1].

Описание бизнес-процессов – важная составляющая построения модели предприятия в любой системе бизнес-моделирования. Не построив бизнес-процессы, вы не сможете сгенерировать должностные инструкции, не увидите реальную загрузку персонала и не сможете провести полноценный анализ организационной структуры. Понимая важность построения процессной модели предприятия, мы уделили особое внимание простоте и удобству описания бизнес-процессов в программах **Aris Express 2.6** и **Fox Manager Business Processes**.

Описание функциональных возможностей Aris Express 2.6

ARIS Express – это бесплатный инструмент для моделирования бизнес-процессов, достаточно простой в установке и использовании,

так что его могут применять и начинающие пользователи, и студенты вузов. Создан он более года назад, и сейчас уже доступна его вторая версия. Функциональные возможности: 1) Содержит определенный набор типов объектов, наиболее распространенных при создании моделей. 2) Изображения моделей можно сохранять в файлах форматов EMF и PDF. 3) Созданные в ARIS Express модели можно переносить в базы данных [2].

ARIS Express поддерживает следующие типы моделей: организационная диаграмма (Organizational chart), бизнес-процесс (Business process), ИТ-инфраструктура (IT-infrastructure), карта процессов (Process landscape), модель данных (Data model), карта систем (System landscape), доска (Whiteboard), BPMN диаграмма версии 2.0 (BPMN diagram), общие диаграммы (General diagram).

Fox Manager Business Processes 1.7 – это самостоятельный программный продукт, являющийся подмодулем системы Fox Manager. Программа предназначена для построения единой цельной процессной модели предприятия. Функциональные возможности: 1) Построение в программе процессной модели любой глубины и детализации. Программа автоматически строит процессы верхнего уровня, отображая взаимодействия категорий и бизнес-процессов в виде наглядной диаграммы. 2) Аналитические функции программы позволяют вовремя заметить и устранить любые ляпы, допущенные при построении построенной процессной модели. 3) Встроенный в программу редактор процессов содержит все необходимые элементы для комфортного моделирования. 4) Встроенная система отчётов, с помощью которой можно провести детальный анализ построенных бизнес-процессов.

Моделирование бизнес-процессов позволяет проанализировать не только, как работает предприятие в целом, как оно взаимодействует с внешними организациями, заказчиками и поставщиками, но и как организована деятельность на каждом отдельно взятом рабочем месте. Мы принципиально не даём оценки конкурирующему продукту и призываем всех потенциальных клиентов самостоятельно сложить своё мнение о каждой программе, ознакомившись с демо-версиями, доступными на сайте разработчиков [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Войнов И.В., Пудовкина С.Г., Телегин А.И. Моделирование экономических систем и процессов. Опыт построения ARIS-моделей. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. 392 с.
2. Волков О. Стандарты и методологии моделирования бизнес-процессов. Режим доступа: <http://www.connect.ru/article.asp?id=5710>.
3. Григорьев Д. Моделирование бизнес-процессов предприятия. Режим доступа: <http://www.valex.net/articles/process.html>

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «TELEOPERATION»

*И.Н. Гаращенко, А.К. Шмакова, студенты каф. АСУ,
Д.О. Якушин, студент каф. ЭП*

*Научный руководитель Е.С. Шандаров, ст. преподаватель каф. ЭП
г. Томск, ТУСУР, garashchenko.in@gmail.com*

Ранее с трудом представлялось будущее, в котором нас повсеместно будут окружать роботы, а уже сегодня военные, персональные и бытовые роботы стали обычным атрибутом нашей повседневной жизни.

Удаленное управление роботом позволяет человеку, осуществляющему управление, передавать и принимать (при наличии обратной связи) текстовую, голосовую, звуковую, визуальную и т.п. информацию, а также выполнять набор действий и таким образом дистанционно присутствовать в другой точке мира.

Возможные сферы применения:

- Предоставление сервиса, который использует роботов для обеспечения удаленного присутствия в любой точке мира людям с ограниченными возможностями или просто желающим посетить достопримечательности или мероприятия (конференции, форумы, выставки) другого города/страны в режиме реального времени.

- Робот-лектор, который ведет презентацию, проходящую в это же время в другом месте, при этом повторяются жесты лектора и создается ощущение присутствия его в аудитории.

- Роботы-помощники, заменяющие человека в быту. Например, при походе в магазин человек удаленно управляет роботом и общается с консультантом при выборе товара.

Роботы удаленного присутствия призваны обеспечить большую свободу и простоту в общении [1]. Дело в том, что человеку удобен естественный формат общения. И в идеале людям хочется увеличить свои возможности в отношении мобильности. При этом хочется сохранить формат общения.

Присутствие оператора (человек, управляющий роботом) в каком-то месте предъявляет определенные требования:

1. Оператор должен получить эффект присутствия в удаленном месте, т.е. качество звука, видео, задержки в управлении, свобода действий и интерфейс управления оптимальны и позволяют оператору реализовать основной спектр возможностей удаленно без потери качества и создания неудобств. Робот должен свободно передвигаться, поворачивать взгляд, хорошо слышать и видеть.

2. Принимающая сторона должна получить эффект присутствия оператора в этом месте, т.е. со стороны робота должны услышать и

увидеть с таким качеством, чтобы была возможность узнать оператора. Должны быть минимальными задержки управления и отсутствовать рассинхронизация видео и звука.

Эти базовые задачи и формируют облик, всю техническую составляющую робота.

Системы управления роботами должны иметь возможность быть интегрированными в такие устройства, как планшеты, телефоны, компьютеры (различные вычислительные платформы) для обеспечения наиболее быстрого доступа к системе.

В настоящее время существует целый ряд разработок роботов удаленного присутствия как отечественного, так и зарубежного производства, таких как R.Bot, Anybots QB, Gostai, VGo, Beam, Double Robotics, Webot.

Перед нами была поставлена следующая задача: разработать аппаратно-программный комплекс «Teleoperation», использующийся для обеспечения удаленного присутствия человека (оператора), управляющего роботом, в другой точке мира.

Требования к комплексу:

- кроссплатформенность;
- необходимый для осуществления движения набор команд;
- интуитивно понятный, дружественный интерфейс управления роботом;
- возможность соединения с роботом через Интернет;
- возможность передачи потока изображений от робота к оператору в режиме реального времени.

Принцип работы аппаратно-программного комплекса «Teleoperation» представлен на рис. 1 и заключается в следующем:

1. Оператор осуществляет выбор команды при помощи интерфейса управления роботом.

2. Выбранная команда отправляется системе обработки команд.

3. Система обработки команд преобразует команду в форму, понятную роботу, и отправляет её на исполнение роботу.

4. Робот исполняет команду.

Отправка роботом изображения (с определенной частотой):

1. Робот записывает изображение, полученное с камеры.

2. Изображение отправляется системе обработки данных.

3. Система обработки данных готовит изображение для передачи и отправляет.

4. Интерфейс управления роботом выводит на экран полученное изображение.

Поставленная задача была решена двумя способами:

1. В программной среде Chogeographe с управлением через веб-интерфейс.

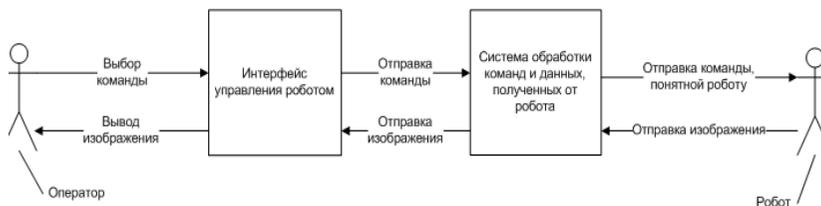


Рис. 1. Принцип работы аппаратно-программного комплекса «Teleoperation»

2. Реализация клиента и сервера на языке C# с использованием NAOqi SDK и управлением при помощи джойстика.

При тестировании были выявлены недостатки: недостаточная частота обновления кадров при выводе изображений с робота на экран в реализации в Choreographer по сравнению с реализацией на C#.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обзор роботов удаленного присутствия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://robot-develop.org/archives/5014>, свободный (дата обращения: 01.03.2013).

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА «АВТОФИНИШ» НА БАЗЕ FREESCALE TOWER

*И.А. Герасин, И.Н. Гаращенко, А.К. Шмакова,
Д.О. Якушин, студенты*

*Научный руководитель Е.С. Шандаров, ст. преподаватель
г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП и каф. АСУ, gerald.istar@gmail.com*

Ежегодно компания Freescale проводит Freescale World Cup. Это мероприятие где могут принять участие студенты со всего мира. Перед студенческими командами стоит задача разработать программное и аппаратное решение для автономной езды по трассе с препятствиями для гоночной машины Freescale Smartcar.

14 февраля 2013 г. в ТУСУРе прошел первый российский этап соревнований Freescale Cup. Перед нами была поставлена задача разработать систему «Автофиниш» для фиксирования времени проезда трека.

Система «Автофиниш» – это аппаратно-программная система для подсчета времени прохождения круга за счет фиксации пересечения финишной черты.

Мы решили использовать для нашей системы платформу Freescale Tower System и микропроцессорную плату Kinetis K40.

Tower System – это модульная платформа для прототипирования и быстрой разработки устройств на базе 8-, 16- и 32-битных микропроцессоров. Система включает в себя более пятидесяти отладочных плат и модулей, таких как Wi-Fi-модуль, коммуникационный serial-модуль, драйвер двигателей, ЖК-экран и проч. Благодаря этому можно легко собирать устройства с различной аппаратной конфигурацией. Модули можно повторно использовать в любой другой Tower-системе. Подобная система содержит:

- одну микроконтроллерную плату;
- две платы элеватора, соединяющие систему;
- до трех периферийных модулей;
- до двух периферийных модулей, устанавливаемых на стенки элеваторов;
- множество дополнительных подключаемых устройств.

Кроме того, существует возможность установки на микропроцессоры операционной системы реального времени Freescale MQX, которая поддерживает стек протоколов TCP/IP, файловую систему, USB и многое другое.

Kinetis K40x256 – это отладочная плата с микропроцессором Freescale Kinetis K40, предназначенная для использования в Tower System и полностью совместимая с ней. Процессор обладает следующими характеристиками:

- 32-разрядный, 100 МГц;
- Flash 256KB;
- SRAM 64KB;
- FlexMemory 256KB;
- два 16-разрядных, 30-канальных АЦП;
- два 12-разрядных ЦАП;
- 16-канальное устройство DMA;
- SD Host Controller;
- USB On-The-Go;
- 10 режимов энергопотребления;
- поддержка UART, I2C, I2S, SPI, CAN;
- три универсальных таймера (FlexTimer) с возможностью генерировать ШИМ-сигнал до 12 каналов.

В качестве датчика, применяемого для детектирования пересечения стартовой черты, используется лазерный диод и фоторезистор. Напряжение, снимаемое с фоторезистора, подавалось на АЦП микроконтроллера. Микроконтроллер обрабатывает входящие значения, и в зависимости от текущего состояния передает на компьютер соответствующие сигналы. Передача данных осуществляется через UART по COM-порту.

Устройство начинает работать сразу после запуска. При детектировании первого пересечения микропроцессор отправляет сигнал START через UART и запускает два генератора прерывания по таймеру – Periodic Interrupt Timer. Первый генератор каждую миллисекунду увеличивает счетчик-таймер на единицу, отсчитывая тем самым время. Второй счетчик срабатывает через 2 с после старта, и при срабатывании сбрасывает флаг блокирования детектирования. До тех пор пока данный флаг установлен, микроконтроллер не реагирует на датчик. Данная мера необходима для того, чтобы избежать срабатывания датчика о заднюю пару колес или другие части корпуса машины. После сброса флага микроконтроллер находится в ожидании срабатывания датчика. При повторном срабатывании датчика подсчет времени прекращается, на компьютер отправляется сигнал FINISH, а затем в формате секунды:миллисекунды передается отсчитанное время. Передача заканчивается сигналом DONE. Затем вновь устанавливается флаг блокирования детектирования, чтобы избежать мгновенного запуска таймера по второму кругу. После срабатывания прерывания по таймеру флаг сбрасывается и отправляется сигнал READY, означающий готовность к работе. Для отображения результатов на ПК была разработана программа, которая считывает данные, поступающие по COM-порту и обрабатывает их должным образом.

ЛИТЕРАТУРА

1. K40 Sub-Family Reference Manual, Document Number K40P144M100SF2RM. Rev. 3, 4. Nov 2010.

СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ НОТАЦИЙ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ

Н.А. Митник, студент кафедры АСУ

Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, ФСУ, ledinatalia@yandex.ru;

Проект ГПО АСУ-1201

Проблемой исследования является то, что выбор нотации для предприятия – это очень сложный процесс, который требует системного подхода, ведь выбор нотации – это способ наладить эффективное управление на предприятии для получения большей прибыли при использовании ресурсов, которыми оно располагает. Довольно типичной является ситуация, когда директор по развитию ставит задачу своим специалистам выбрать нотации (методики), которые будут в дальнейшем использоваться для описания и регламентации бизнес-процессов компании. **При осуществлении такого выбора целесообразно учи-**

тывать как минимум следующие четыре аспекта: 1) возможности нотации для описания процессов требуемого уровня сложности; 2) возможности среды моделирования, поддерживающей выбранную нотацию; 3) наличие методики применения выбранной нотации и соответствующего инструмента для решения поставленных задач в рамках проекта; 4) наличие специалистов с компетенциями, необходимыми для использования нотации и инструмента с учетом требования методики выполнения проекта.

Будем рассматривать 4 самые популярные и эффективные нотации: «BPMN», «IDEF3», «IDEF0», «Aris ePC».

Нотация «IDEF0»: модель «IDEF0» всегда начинается с представления системы как единого целого – одного функционального блока с интерфейсными дугами, простирающимися за пределы рассматриваемой области. Такая диаграмма с одним функциональным блоком называется контекстной диаграммой и обозначается идентификатором «A-0». Данный стандарт «IDEF0» является развитием классического DFD-подхода и предназначен для описания бизнес-процессов верхнего уровня [1].

Нотация «IDEF3»: стандарт «IDEF3» предназначен для описания бизнес-процессов нижнего уровня и содержит объекты – логические операторы, с помощью которых показывают альтернативы и места принятия решений в бизнес-процессе, а также объекты-стрелки, с помощью которых показывают временную последовательность работ в бизнес-процессе [2].

Нотация «Aris ePC»: одним из интегрированных методов является продукт, носящий название ARIS (Architecture of Integrated Information System), разработанный германской фирмой IDS Scheer. В процессе моделирования каждый аспект деятельности предприятия сначала рассматривается отдельно, а после детальной проработки всех аспектов строится интегрированная модель, отражающая все связи между различными аспектами. ARIS позволяет описывать деятельность организации с разных точек зрения и устанавливать связи между различными моделями, но инструментальная среда нотации является дорогостоящей и сложна в использовании [3].

Нотация «BPMN». Нотация по моделированию бизнес-процессов (The Business Process Modeling Notation, BPMN) – это стандарт для моделирования бизнес-процессов и сетевых услуг. BPMN дает возможность аналитикам воспользоваться универсальным графическим языком для детализированного описания сложных бизнес-процессов. Предоставляет яркую, наглядную и легкодоступную для понимания диаграмму имеющегося бизнес-процесса, но она неудобна для создания относительно простых схем в регламентирующих документах для

сотрудников, так как обладает слишком сложной и избыточной для описания простых процессов семантикой [4].

В результате работы были рассмотрены нотации («IDEF0», «IDEF3», «ARIS», «BPMN») и проведен тщательный анализ их преимуществ и недостатков, которые приведены в таблице.

Сравнительный анализ нотаций в бизнес-процессах

№	Критерии сравнения	ARIS	IDEF0	IDEF3
1	Принцип построения диаграммы / логика процесса	Временная последовательность выполнения процедур	Принцип доминирования	Временная последовательность выполнения процедур
2	Описание процедуры процесса	Объект на диаграмме	Объект на диаграмме	Объект на диаграмме
3	Входящий документ	Используется отдельный объект для описания («документ»)	Стрелка слева, стрелка сверху	Нет (может быть отражен в модели только привязкой объекта-комментария)
4	Входящая информация	Используется отдельный объект для описания («кластер», «технический термин»)	Стрелка слева, стрелка сверху	Нет (может быть отражен в модели только привязкой объекта-комментария)
5	Исходящий документ	Используется отдельный объект для описания («документ»)	Стрелка справа	Нет (может быть отражен в модели только привязкой объекта-комментария)
6	Исходящая информация	Используется отдельный объект для описания («кластер», «технический термин»)	Стрелка справа	Нет (может быть отражен в модели только привязкой объекта-комментария)
10	Контроль выполнения процедуры	Нет. Может быть отражен указанием входящих документов	Стрелка сверху	Нет

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные методологии обследования организаций. Корпоративный менеджмент [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.interface.ru/fset.asp?Url=/ca/idefo.htm>

2. Методология «IDEF3» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://itteach.ru/bpwin/metodologiya-idef3/vse-stranitsi>

3. Август-Вильгельм Шеер. Моделирование бизнес-процессов. 2-е изд. перераб. и доп. М., 2000. 173 с.

4. BPMN [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.compitech.ru/compitechmirnews/BPMN_3.html

ОБЗОР СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ERWIN

С.А. Небоженко, студент

Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, syneb@mail.ru

Проект ГПО АСУ-1201

AllFusion ERwin Data Modeler (ERwin) – CASE-средство для проектирования и документирования баз данных, которое позволяет создавать, документировать и сопровождать базы данных, хранилища и витрины данных. Модели данных помогают визуализировать структуру данных, обеспечивая эффективный процесс организации, управления и администрирования таких аспектов деятельности предприятия, как уровень сложности данных, технологий баз данных и среды развертывания. Он позволяет наглядно отображать сложные структуры данных [1].

Описание. После открытия программы появится окно создания проекта, в котором нужно будет выбрать тип диаграммы верхнего уровня IDEF0, IDEF3 или DFD. После введения этих данных создастся проект и сохранится в файле .bp1.

На рис. 1 выделено четыре области: панель управления, панель инструментов (Toolbox), основное окно и навигатор модели (Model Explorer).

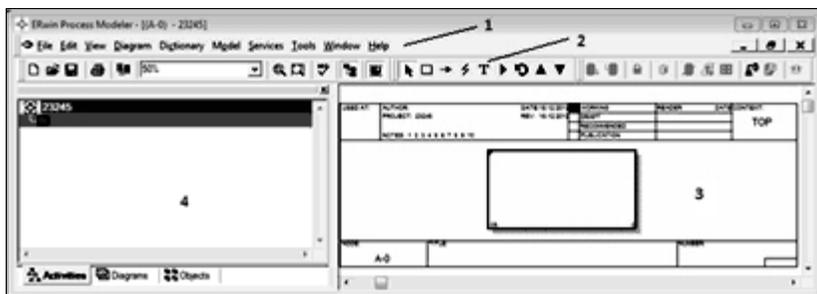


Рис. 1. Окно программы после создания проекта

Рассмотрим панель инструментов (Toolbox). На ней находятся следующие девять инструментов: выбор указателя, инструмент рисования работ, инструмент рисования стрелок или связей, инструмент соединения стрелок и пояснений к ним, инструмент добавления комментариев, вызов менеджера диаграмм, переход к sibling диаграмме, переход к родительской диаграмме, переход к диаграмме потомку.

На рис. 2 представлено основное окно со спроектированным на нём процессом «проверки привезённых на склад товаров и документов к ним» в нотации IDEF3. Этот процесс является частью более большого «заказа-доставки товара на предприятие».

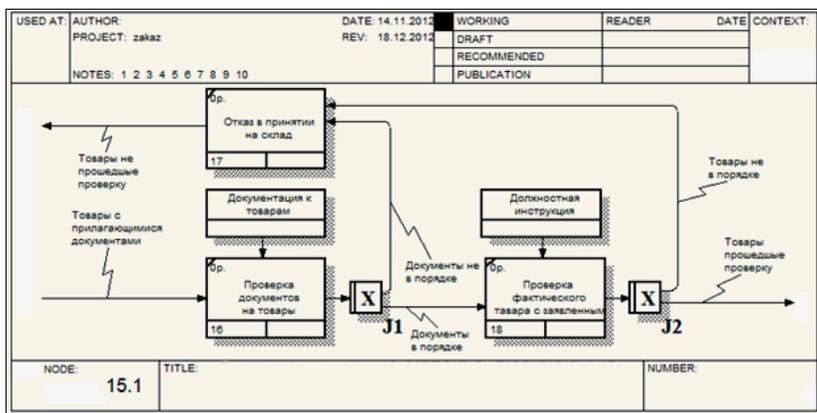


Рис. 2. Процесс проверки привезённых товаров и документов к ним

Суть описанного процесса в том, что на склад поступают товары с соответствующей документацией, сначала идет проверка документации на соответствие. Если документы верны, то начинается проверка привезённого товара, иначе отказ в принятии. Если товар прошёл проверку, то переходим к следующему процессу, иначе отказ в принятии.

Достоинства программного продукта:

- Наличие так называемых словарей, баз всех уже используемых названий процессов, документов, комментариев. Например, при добавлении нового комментария из открывающегося списка можно выбрать то, что уже писал раньше.
- Невозможно просто построить стрелку, она обязательно должна связывать два объекта.
- Путь стрелки не проходит через блоки, а автоматически обходит их.
- Поддержка нотаций IDEF0, IDEF1, DFD.

– Иерархическая структура диаграмм, облегчающая последовательное уточнение элементов модели.

– Возможность в одном проекте использовать нотации разных типов. Например, на верхнем уровне изобразить процессы в IDEF0, потом декомпонировать их уже в других поддерживаемых нотациях;

– Информация становится сразу же доступной через генератор отчетов ERwin и может быть экспортирована в другие программы, например Microsoft Word и Excel.

Недостатки программного продукта:

– Нельзя построить недекомпонированную модель, в распоряжении пользователя находится всегда один лист.

– Блоки в одном проекте имеют одну нумерацию, т.е. если на верхнем уровне три процесса, то их номера могут получиться 1, 7, 15.

– Пояснения к связям добавляются не самым простым способом.

– После выделения группы объектов и их последующего перемещения выделение сразу же снимется, и если вы переместили не туда, куда хотели, то придется заново выделять необходимые элементы.

– Трудно вставить новый иерархический уровень между двумя существующими.

Заключение. С помощью данного программного продукта можно решать ряд задач моделирования от создания модели базы данных до модели технологического цикла какого-либо предприятия. В то же время в нём отсутствуют некоторые элементарные для большинства подобных приложений функции. Но несмотря на это, с ним очень быстро можно научиться строить большое количество видов моделей т.к. для этого есть много доступной литературы и другой информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маклаков С.В. Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite М.: Диалог-МИФИ, 2007. 396 с.

ПРОГРАММНОЕ И АППАРАТНОЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ МОДЕЛИ ГОНОЧНОЙ МАШИНЫ FREESCALE

Д.О. Якушин, студент, Е.А. Пекарских, магистрант

*Научный руководитель Е.С. Шандаров, ст. преподаватель
г. Томск, ТУСУР, каф. ЭП, yakushin.dmitriy@gmail.com*

Целью является сборка на основе комплекта Qorigva TRK-MPC5604B модели автономного автомобиля для участия в соревнованиях Freescale Cup Siberia 2012. Разработка конструкционных решений и специальных программных алгоритмов для скоростного движения по

трассе с приборами с зарядовой связью, а также с двигателями постоянного тока и сервоприводами.

Ежегодно компания Freescale проводит The Freescale Cup. Это мероприятие, где могут принять участие студенты со всего мира. В общей сложности в чемпионате участвуют около четырех тысяч команд, каждая команда состоит из трех человек. Цель данного проекта состоит в том, чтобы разработать программное и аппаратное решение для автономной езды по трассе с препятствиями для гоночной машины Freescale, создать модель гоночной машины, которая сможет распознать траекторию трассы и без дистанционного управления проехать по ней. Компания предоставляет базовый набор, из которого студенты собирают машинку. Трасса представляет собой замкнутую черную линию, нанесенную на белом фоне.

На рис. 1 представлено шасси из базовой комплектации, которые не могут быть модифицированы, чтобы все участники соревнования были в одинаковых условиях. Также Freescale предоставляет участникам соревнований плату Freescale Evaluation board Qorivva, представленную на рис. 2, являющуюся промышленным образцом для встраиваемых бортовых компьютеров автомобилей марки BMW.

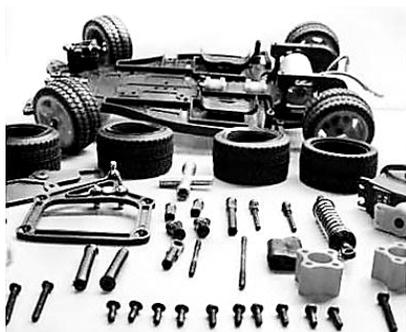


Рис. 1. Внешний вид платформы автомобиля с собранным шасси

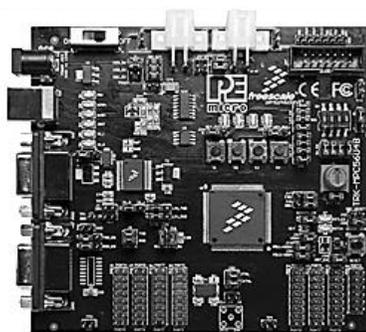


Рис. 2. Внешний вид платы Qorivva TRK-MPC5604B

Также в базовой комплектации предоставляется «силовая плата», которая имеет основные компоненты, отвечающие за распределение электроэнергии между такими элементами, как основная плата (MPC5604B), сервопривод в рулевой колонке, задние двигатели, камера. Скорость автомодели задается скважностью ШИМ-сигналов, подаваемых на входы микросхемы MC-33932.

В данной модели используется ПЗС-линейка TAOS TSL-1401R-LF, состоящая из 128 пикселей и способная различать контрастные объекты. Аналоговый выход камеры подключен к одному из входов

блока АЦП, реализованного внутри микропроцессора MPC5604B, который работает в ждущем режиме. Изображение с камеры зависит от времени экспонирования кадра, на рис. 3 приведена осциллограмма выходного сигнала без дополнительного освещения, а на рис. 4 – с подсветкой. Чем дольше время экспонирования, тем больший заряд накопится на камере и соответственно картинка будет контрастнее, но при этом увеличивается время реагирования на изменения трассы. Введя дополнительное освещение (фары), удалось увеличить частоту работы с 50 до 200 Гц. Работая с массивом, находим общий фон и преобразуем в массив нулей и единиц.

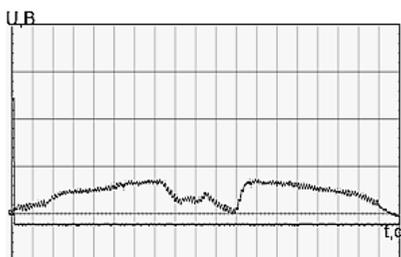


Рис. 3. Осциллограмма выходного сигнала с камеры при частоте кадров 200 Гц без дополнительного освещения

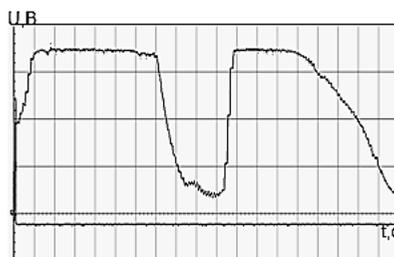


Рис. 4. Осциллограмма выходного сигнала с камеры при частоте кадров 200 Гц с подсветкой

Стабильность движения по линии без осцилляций позволяет использовать большие скорости движения. Для получения максимальной стабильности используется ПИД-регулятор. Экспериментальным путем были подобраны коэффициенты для ПИД-регулятора, угла поворота передней колонки в зависимости от текущего положения линии в кадре. Использование ПИД-регулятора позволяет полностью избавиться от осцилляций уже через 350 мс, что изображено графиком на рис. 3.

Для повышения устойчивости, маневренности и увеличения скорости на поворотах был использован дифференциал. Дифференциал предназначен для распределения крутящего момента между колесами, которым он позволяет вращаться с неодинаковыми частотами при движении автомобиля на поворотах или по неровностям. При движении на повороте каждое колесо двухосного автомобиля движется по своей траектории, характеризуемой определенным радиусом, следовательно, чтобы не было проскальзывания колес относительно дороги, они должны вращаться с разными частотами.

В 2013 г. на базе ТУСУРа при поддержке компании Freescale прошёл Российский полуфинал соревнований The Freescale Cup Siberia среди четырех вузов: ТУСУР, НГТУ, СФУ и ТПУ.

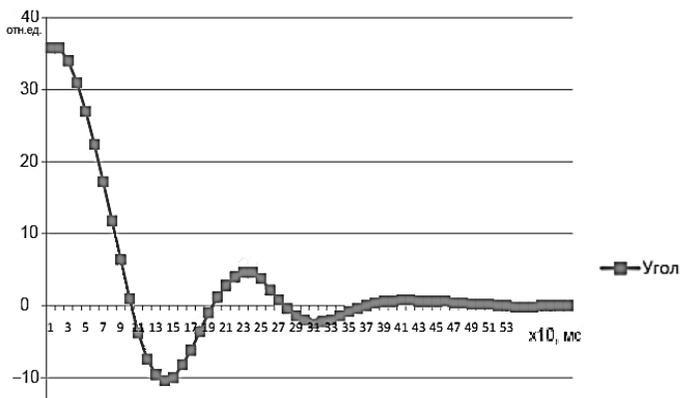


Рис. 5. График зависимости угла поворота рулевой колонки от времени

В ходе проделанной работы была собрана рабочая модель автономного автомобиля на базе микропроцессорного комплекта Freescale Qorivva TRK-MPC5604B. Написана программа для полного прохождения трассы соревнований The Freescale Cup Siberia. Было занято 3-е место, время круга 21 с, длина трассы 40 м, разрыв с победителями 1 с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wael Badawy, Graham Jullien, System-on-chip for real-time applications. N.Y.: Kluwer, 2003. 465 p.
2. Street Smarts-High Performance Engineering [Электронный ресурс]: <http://streetsmarts.freescale.com/> (дата обновления: 14.06.2012).

ОБЗОР ПОПУЛЯРНЫХ НОТАЦИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ «БИЗНЕС -ПРОЦЕССОВ»

Д.В. Медведев, Е.К. Гилёва, студенты

Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АСУ, mdv1900@gmail.com

Проект ГПО АСУ-1201

Всё чаще в современном мире мы сталкиваемся с таким словосочетанием, как «**бизнес-процесс**». Это совокупность взаимосвязанных мероприятий или задач, направленных на создание определенного продукта или услуги для потребителей. Существует множество методов и техник, применяемых для моделирования бизнес-процессов. В частности, это нотации, используемые для представления бизнес-процессов в виде блок-схем. Рассмотрим 4 самые популярные и эффективные нотации: «BPMN», «IDEF3», «IDEF0», «Aris ePC».

Что касается нотации IDEF0, то она удивительно проста и гармонична. В основе методологии лежат четыре основных понятия. Первым из них является понятие функционального блока (Activity Box). Вторым «китом» методологии IDEF0 является понятие интерфейсной дуги (Arrow). Третьим основным понятием стандарта IDEF0 является декомпозиция (Decomposition). Последним из понятий IDEF0 является глоссарий (Glossary).

Стандарт «IDEF3» предназначен для описания бизнес-процессов нижнего уровня и содержит объекты – логические операторы, с помощью которых показывают альтернативы и места принятия решений и в бизнес-процессе, а также объекты-стрелки, с помощью которых показывают временную последовательность работ в бизнес-процессе.

Модели в ARIS представляют собой диаграммы, элементами которых являются разнообразные объекты – «функция», «событие», «структурное подразделение», «документ» и т.п.

Что же представляет собой нотация BPMN? Нотация по моделированию бизнес-процессов BPMN (The Business Process Modeling Notation) является новым стандартом для моделирования бизнес-процессов и сетевых услуг. Нотация позволяет моделировать как простые, так и сложные бизнес-процессы. Для этого существуют две группы элементов. Первая группа содержит набор основных графических элементов BPMN, удовлетворяющих требованиям простой графической нотации (simple notation). Большинство бизнес-процессов моделируются с использованием элементов только этой группы. Вторая группа содержит полный перечень элементов BPMN, включающий также основные элементы, что позволяет удовлетворять требованиям комплексной нотации (powerful notation) и управлять более сложными ситуациями моделирования.

Выбор правильной и более удобной нотации для отображения бизнес-процесса в графическом виде – очень трудоемкая и ответственная работа. Ведь очень важно, чтобы график отображал не только корректно весь бизнес-процесс, но и был понятен. Выбор нотации зависит от предпочтений разработчика. И в дальнейшем мы планируем рассмотреть основные характеристики представленных нотаций. Также будут проанализированы их достоинства и недостатки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Август-Вильгельм Шеер. Моделирование бизнес-процессов. М.: Весть-МетаТехнология, 2000. 206 с.
2. Репин В., Елиферов В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: Стандарты и качество, 2005. 408 с.

СЕКЦИЯ 11

ФИЗИЧЕСКАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

*Председатель секции – Троян П.Е., зав. каф. ФЭ, д.т.н., профессор,
зам. председателя – Смирнов С.В., профессор каф. ФЭ, д.т.н.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛЮМИНОФОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЛЫХ СВЕТОДИОДОВ

А.В. Белоножко, Р.А. Соколова, студенты каф. ФЭ

Научный руководитель С.В. Смирнов, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, anastasiya.belonozhko@gmail.com

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

Люминофор – это вещество, способное преобразовывать поглощаемую им энергию в световое излучение. Люминофоры состоят из неорганических материалов, легированных оптически активными элементами. Наиболее распространенными основами являются гранаты, имеющие химическую формулу $A_3B_5O_{12}$, где А и В – химические элементы, О – кислород. Среди большой группы гранатов выделяется алюмоиттриевый гранат (АИГ – YAG) с химической формулой $Y_3Al_5O_{12}$. Люминофоры на основе этого материала называются YAG-люминофорами. В качестве оптически активных добавок применяются редкоземельные элементы (РЗЭ), их оксиды и другие соединения. Оптической активностью обладает большинство РЗЭ. Для легирования YAG-люминофоров, применяемых в источниках белого света, чаще всего используется церий [1].

В данной работе исследовались желтые люминофоры на основе алюмоиттриевого граната, легированного церием, используемые в производстве белых светодиодов: AWB-3 (Тайвань), ФЛЖ-7-11 (Россия).

Было проведено исследование гранулометрического состава исследуемых люминофоров. На рис. 1 приведены фотографии порошков люминофоров, полученных на электронном микроскопе Hitachi TM1000.

По полученным фотографиям построены гистограммы распределения зерен по размеру, представленные на рис. 2.

Средний размер зерен люминофора AWB3 – 13,02 мкм. Зерна размером 1–10 мкм составляют 46% от всего объема.

Средний размер зерен люминофора ФЛЖ-7-11 равен 6,6 мкм. Зерна размером 1–10 мкм составляют 86%.

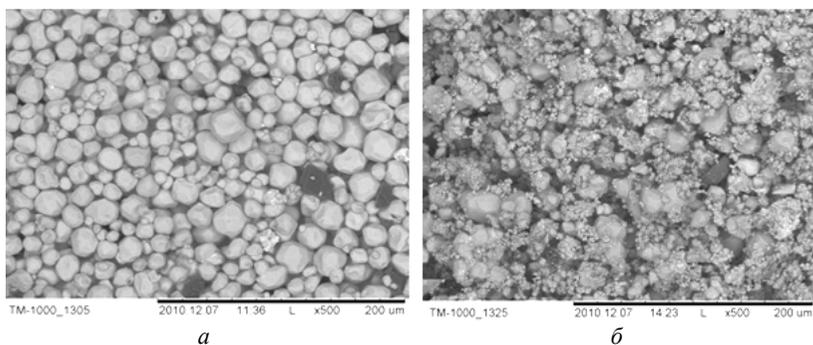


Рис. 1. Фотография порошка люминофора: *а* – АWB-3; *б* – ФЛЖ-7-11

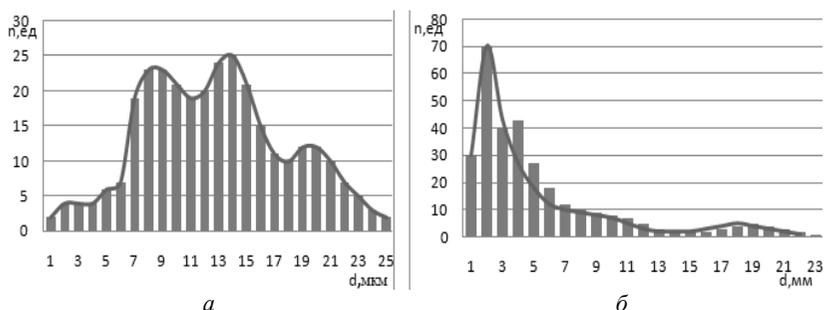


Рис. 2. Гистограммы для зерен люминофора: *а* – АWB-3; *б* – ФЛЖ-7-11

Из графиков видно, что распределения зерен по размерам подчиняются нормальному закону (распределению Гаусса), но не являются симметричными, т.е. наиболее вероятный размер зерна не совпадает со средним размером из-за наличия нескольких фракций в составе порошка.

Сопоставив размер зерна порошка люминофора с выходом люминесценции, можно сделать вывод о том, что чем больше размер зерна, тем больше интенсивность излучения и как следствие большая световая отдача. Однако использование крупнозернистых слоев люминофора в ряде случаев нецелесообразно. Следует учитывать также размеры полупроводникового кристалла. Для светодиода с кристаллом большого размера будет эффективен люминофор с крупными зернами, а для светодиода с кристаллом малого размера нужен люминофор с зернами размером 3–5 мкм [2].

Технология нанесения люминофора на кристалл не отличается простотой из-за седиментации (оседание или всплывание частиц дис-

персной фазы, трудно осуществить точную дозировку компаунда с введенным люминофорным порошком). Устранение седиментации приведет к увеличению внешнего квантового выхода за счет более полного облучения поверхности частичек люминофора и позволит добиться хорошей повторяемости результатов. Для устранения седиментации необходимо использование специального оптического модификатора.

Таким образом, для повышения эффективности светодиодов и лучшего воспроизведения результатов необходимо использовать люминофор с зёрнами одного размера, исключая мелкие вкрапления порошка, так как из-за их наличия ухудшается преобразование синего излучения в белое.

В данной работе исследованы образцы люминофоров в виде порошков. Сделаны следующие выводы:

1) чем крупнее и однороднее зёрна люминофора, тем выше эффективность и лучшее воспроизведение результатов;

2) сравнивая гранулометрический состав образцов люминофоров, можно сделать вывод, что лучшими световыми характеристиками из представленных марок люминофоров обладает люминофор ФЛЖ-7-11 (Россия).

ЛИТЕРАТУРА

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

2. Феопентов А.В., Богданов А.А. Эффективность белых светодиодов // Тез. докл. V Всерос. конф. «Нитриды галлия, индия и алюминия: структуры и приборы». М.: МГУ? 2007. С 67.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ДИОКСИДА КРЕМНИЯ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

О.И. Демченко, студент каф. ФЭ

Научный руководитель С.В. Смирнов, проф., д.т.н.

Проект ГПО ФЭ-1203 – «Спектральные методы анализа тонких диэлектрических пленок»

г. Томск, ТУСУР, kivikivi270@gmail.com

Пористые диэлектрические пленки являются перспективным материалом микро-, нано- и оптоэлектроники. Одним из таких материалов является пористый диоксид кремния. Он имеет большие перспективы для создания датчиков влажности, газовых, химических и биологических сенсоров, а также для других применений.

Целью работы является исследование структуры и состава тонких пористых пленок SiO_2 методом ИК-Фурье-спектроскопии. Исследования проводились с использованием Фурье-спектрометра «Инфралюм ФТ-801». По принципу действия спектрометр относится к классу модуляционных спектральных приборов.

Для проведения экспериментов использовались модельные образцы – структуры SiO_2 (табл. 1). Спектры пропускания двух образцов, полученные на спектрометре, приведены на рис. 1, 2.

Таблица 1

Некоторые характеристики пленок		
Номер образца	Метод получения слоя SiO_2	Толщина, мкм
1	Плазмохимическое осаждение	0,730
2	Пиролиз	0,540

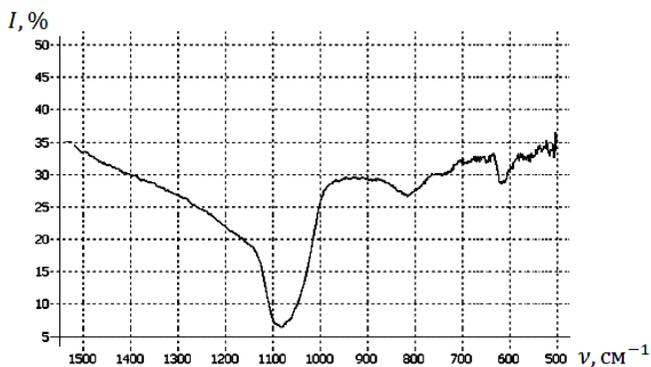


Рис. 1. ИК-спектр пропускания образца 1

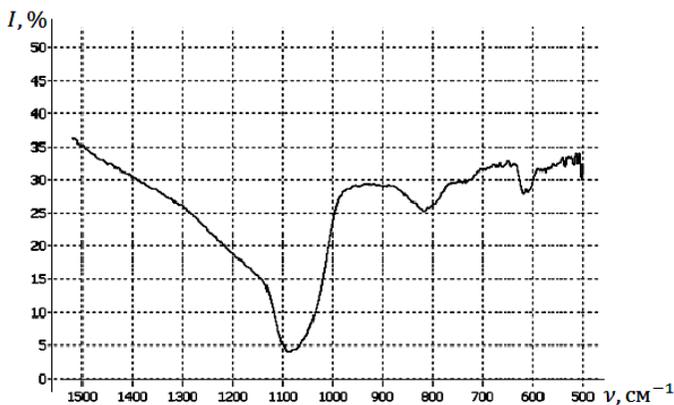


Рис. 2. Спектр пропускания образца 2

Положение основных полос ИК-спектров пропускания и соответствующие им типы групп, определенные по спектрам пропускания, полученных на Фурье-спектрометре, показаны в табл. 2.

Таблица 2

Полосы ИК-спектров пропускания образцов

Номер образца	Частота, см ⁻¹ (длина волны, мкм)	Тип группы	Тип колебания
1	1087,73 (9,19)	Si–O (цепочка Si ₂ O ₆)	ν асимметричное
	819,095 (12,21)	Si–O	ν симметричное
2	1084,93 (9,22)	Si–O (цепочка Si ₂ O ₆)	ν асимметричное
	815,439 (12,26)	Si–O	ν симметричное

Положение основных пиков валентных колебаний связей Si–O соответствует структуре оксида SiO₂. Форма пиков, исследуемых образцов пленок SiO₂ свойственна аморфным структурам. Далее проведен количественный анализ спектров – расчет интегральной интенсивности пика – площади под кривой. Программа для расчета площади написана в среде программирования C++. Для оценки плотности введен коэффициент β , равный отношению плотности идеальной пористой структуры SiO₂ к плотности образца. Считая, что плотность пленки определяется концентрацией связи, коэффициент β можно рассчитать по формуле (1):

$$\beta = C_0/C_{об} = \gamma/(M_{Si-O} \cdot C_{об}), \quad (1)$$

где γ – удельный вес диоксида кремния; $\gamma = 2,655$ г/см³; $C_{об}$ – концентрация связей Si–O в образце; M_{Si-O} – молярная масса связи Si–O, выраженная в граммах.

Результаты расчетов концентраций связи Si–O образцов и коэффициента β приведены в табл. 3.

Таблица 3

Концентрации связи Si–O в образцах, коэффициент β

Номер образца	Интегрированная площадь пика, см ⁻²	Концентрация, см ⁻³	β
1	2088079,987	$8,03 \cdot 10^{21}$	4,15
2	2814504,112	$1,08 \cdot 10^{22}$	3,08

Таким образом, применение метода ИК-Фурье-спектроскопии для оценки качества тонких пленок SiO₂ позволяет проводить качественный и количественный сравнительный или точный (при наличии спектра эталонного образца) анализ пленок и контроль технологии получения пленок в условиях полупроводникового производства.

Подобный анализ и полученные результаты помогут скорректировать технологический процесс нанесения пленок диоксида кремния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физика тонких пленок. Современное состояние исследований и техническое применение. Т. 4. М.: Мир, 1978.
2. Бойчинова Е.С., Брынзова Е.Д., Зорин Б.Я. и др. Инфракрасная спектроскопия. Л.: ЛТИ, 1989. 58 с.
3. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия / Под ред. А.А. Мальцева; пер. с англ. М.: Мир, 1982. 328 с.
4. Раков А.В. Спектрофотометрия тонкопленочных полупроводниковых структур. М.: Сов. радио, 1975. 11 с.

ИЗМЕНЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЁНОК ВСЛЕДСТВИЕ РАЗМЕРНОГО ЭФФЕКТА

А.Р. Кадыров, студент

*Научный руководитель П.Е. Троян, зав. каф. ФЭ, проф.
г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, каф. ФЭ, 7LeXik0N@gmail.com*

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

Исследование свойств тонких (< 100 нм) плёнок металлов является актуальной задачей нанoeлектроники. Темой проекта ГПО ФЭ-0714 является исследование электрофизических свойств плёнок нанометровой толщины. Одно из таких свойств – удельное сопротивление – подвергается изменению при малых толщинах вследствие размерного эффекта.

Как только толщина металлической плёнки становится сравнимой по величине с длиной свободного пробега, границы плёнки накладывают геометрическое ограничение на движение электронов проводимости и, следовательно, на эффективную величину длины свободного пробега. Физические эффекты, возникающие из-за такого геометрического ограничения длины свободного пробега, называют размерными эффектами.

Согласно [1] удельное сопротивление металлических проводников может меняться по нескольким причинам. Рассмотрим их.

1. Температура.

В соответствии с современной квантовой теорией электрическая проводимость обусловлена электронами, тогда как электрическое удельное сопротивление возникает в результате рассеяния этих электронов, обусловленного решеткой.

Электроны всегда подвергаются некоторому рассеянию, поскольку они перемещаются в твердом теле. Даже решетка, которая не имеет структурных дефектов, не может быть абсолютно совершенной при любой температуре, так как атомы все время будут совершать колебательное движение около своих средних местоположений.

Согласно дебаевской теории при низких температурах удельное сопротивление изменяется как T^n (практически $n = 5$), тогда как при высоких температурах удельное сопротивление от T изменяется линейно. Применительно ко многим металлам дебаевская температура соответствует комнатной температуре или находится ниже неё, поэтому при температурах выше $25\text{ }^\circ\text{C}$ носит приблизительно линейный характер.

2. Точечные дефекты.

Атомы примеси, вакансии и дефекты внедрения, как правило, несут эффективный электрический заряд, отличный от основного заряда атомов, поэтому они будут служить источником рассеяния электронов. В массивных металлах повышение удельного сопротивления, обусловленное растворенными примесями, не будет превышать 10-кратного значения. Тем не менее в процессе осаждения может остаться значительно большее количество примесей, чем будет захвачено в равновесном состоянии. В результате этого часто можно наблюдать увеличение удельного сопротивления в несколько сотен раз и более. Кроме того, высокие значения удельного сопротивления пленок, получаемых в «плохих» условиях осаждения, могут быть обусловлены образованием изолирующей фазы, которая беспорядочно распределяется по всей плёнке.

3. Правило Маттиссена.

Правило Маттиссена указывает, что удельное сопротивление данного образца будет представлять арифметическую сумму отдельных факторов, вносимых отдельными источниками сопротивления. Экспериментально установлено, что правило очень хорошо подходит для массивных образцов, и хотя тщательные измерения показали некоторое отклонение от правила, в большинстве случаев этим отклонением можно пренебречь.

В [1] и [2] рассматривается механизм изменения удельного сопротивления вследствие рассеяния свободных электронов поверхностью образца. Увеличение удельного сопротивления образца происходит всякий раз, когда один или несколько размеров образца становятся сравнимыми со средним свободным пробегом при определенной температуре. Столкновения с поверхностью важны только тогда, когда они незеркальны. Для вычисления удельной проводимости образцов можно пользоваться упрощенными формулами:

$$\sigma/\sigma_0 = 1 - 3k/8, \quad (k \gg 1),$$

$$\sigma/\sigma_0 = (3k/4) * (\ln(1/k) + 0,423), (k \ll 1),$$

где k – отношение толщины плёнки к средней длине свободного пробега электронов; σ – удельная проводимость плёнки; σ_0 – удельная проводимость массивного образца.

Искусственно допускается, что некоторая часть электронов упруго рассеивается (обозначим эту часть как p), тогда как остальные электроны рассеиваются диффузионно. Тогда уравнения приобретают вид

$$\sigma/\sigma_0 = 1 - (1 - p) \times (3k/8), (k \gg 1),$$

$$\sigma/\sigma_0 = (3k/4) \times (1 + 2p) \times (\ln(1/k) + 0,423), (k \ll 1).$$

Экспериментальная проверка полученных в [1] и [2] закономерностей представляет значительные трудности. Это связано со сложностью точного определения длины свободного пробега, толщины пленки и получения чистых плёнок.

Во всех случаях наблюдается отклонение экспериментальных кривых от теоретических (рис. 1) [3].

В области малых толщин резкий рост удельного сопротивления наблюдается не при нулевой толщине плёнки (кривая 1), а при некотором значении $d_{кр}$, когда плёнка из сплошной переходит в островковую (кривые 2, 3). Причем величина $d_{кр}$ определяется механизмом зарождения плёнок. При получении плёнок термическим испарением зародыши растут в объеме и островковая плёнка становится сплошной при значительно большей толщине (кривая 3), чем в случае ионного распыления (кривая 2), когда зародыши плоские и растут горизонтально.

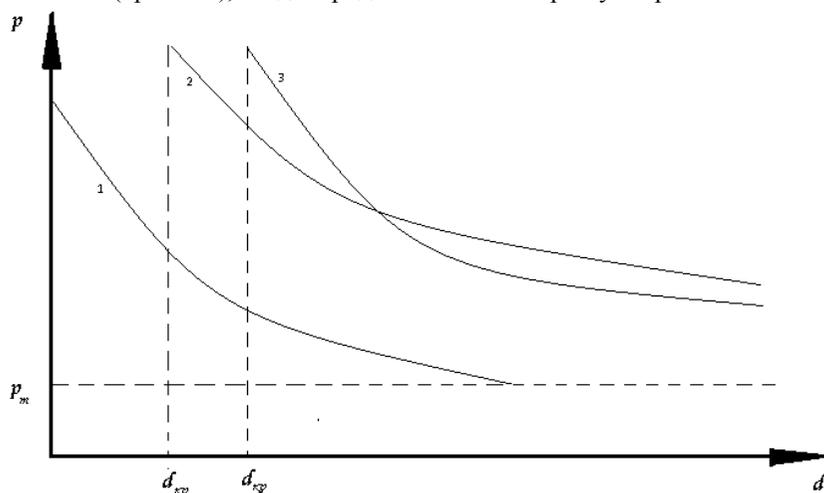


Рис. 1. Изменение удельного сопротивления плёнок от их толщины:

- 1 – теоретическая зависимость; 2 – плёнка получена ионным распылением;
- 3 – плёнка получена термическим испарением

В области больших толщин всегда удельное сопротивление плёнок больше сопротивления массивного материала, что обусловлено различием структуры плёнки и массивного материала, которое при расчетах не учитывается.

Это различие проявляется в большем числе дефектов в плёнке по сравнению с массивным материалом и в более развитой поверхности. Количество дефектов больше в плёнке, полученной ионным распылением, чем термическим испарением.

Заключение. Проведенные экспериментальные исследования на плёнках алюминия показали наличие размерного эффекта. При этом установлено, что вакуумные условия получения плёнок очень сильно влияют на удельное сопротивление плёнок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология тонких плёнок: справочник / Под ред. Л. Майселла, Р. Глэнга. Нью-Йорк, 1970. Пер. с англ. под ред. М.И. Елинсона, Г.Г. Смолко. М.: Сов. радио, 1977. Т. 2. С. 303–316.

2. Чопра К.Л. Электрические явления в тонких плёнках. М.: Мир, 1972. С. 142–162.

3. Смирнова К.И. Тонкие плёнки в микроэлектронике. Томск: ТУСУР, 2007. С. 56–57.

ДВУХСТОРОННЕЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЕ СПЕКАНИЕ АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

А.И. Копейкин, студент, А.С. Климов, доцент каф. физики,

А.С. Жигалкина, студентка, А.А. Зенин, м.н.с. каф. физики

г. Томск, ТУСУР, klimov@main.tusur.ru

Конструкционные керамики на основе оксида алюминия благодаря высокой твердости, термостойкости, химической инертности, а также доступности находят широкое применение в условиях энергонапряженной эксплуатации.

Технология создания керамических материалов состоит из следующих основных операций: изготовление порошков, предварительное компактирование (прессовка) заготовок и последующее спекание. Традиционно используются микронные порошки технической чистоты, механическое компактирование и термическое спекание. Получение керамики с улучшенными эксплуатационными характеристиками возможно при использовании наноразмерных порошков с тонким контролем химического состояния либо применении новых технологий спекания (ВЧ- и СВЧ-поля, метод электроимпульсного спекания (SparkPlasmaSintering, SPS), лазерное спекание, а также электронно-

лучевое) [1, 2] и использовании особых методов предварительного компактирования [3].

Настоящая работа посвящена исследованию возможности электронно-лучевого спекания алюмооксидной керамики в форвакуумном диапазоне давлений.

Экспериментальная установка и техника эксперимента. В качестве объекта для спекания использовались образцы в виде таблеток диаметром 14 мм и толщиной 3,5 мм, изготовленные методом прессования из гранулированного порошка оксида алюминия в фазе корунда, состоящего из смеси двух фракций. Первая фракция с размером частиц около 1 мкм (96%); вторая – с размером частиц до 0,1 мкм (4%). Чистота материала по оксиду алюминия составляла не менее 98%. В составе присутствовали неизбежные примеси оксидов магния и кремния. Давление прессования составляло 500 МПа.

Двухстороннее электронно-лучевое спекание спрессованных образцов проходило с использованием плазменных электронных источников 1, 2 [4] в форвакуумном диапазоне давлений. Образец 3 помещался на графитовый тигель 4, закрепленный на держателе, и располагался в плоскости падения электронных пучков 5 (рис. 1).

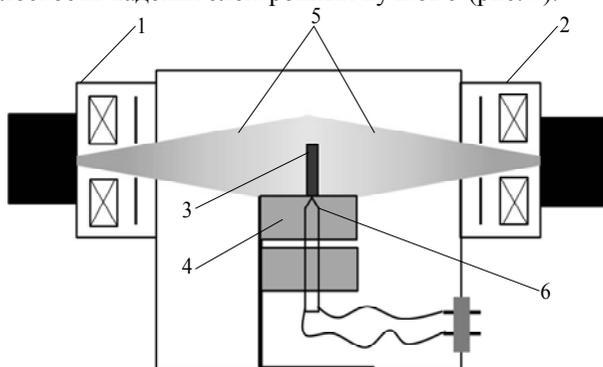


Рис. 1. Схема эксперимента по электронно-лучевому спеканию керамики

Диаметры пучков превышали размеры облучаемого образца. Измерение температуры образца проводили при помощи «Pt-PtRh» термопары 6, спай которой находился в механическом контакте с поверхностью образца. Для предотвращения соединения термопары со спекаемым образцом между ним и термопарой располагалась тонкая фольга из никеля. Оснастка с образцом помещалась в вакуумную камеру и откачивалась до давления 10 Па. В течение 70 мин производился нагрев образца до нужной температуры путем плавного повышения мощности пучков на обоих источниках электронов. Затем при посто-

янной мощности производилась выдержка 20 мин, после чего спекаемый образец остужался. С учётом мощности пучка во время выдержки оценивалась энергия электронно-лучевого воздействия.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Как показали эксперименты двухстороннее облучение электронными пучками спрессованных образцов приводит к равномерной усадке [5] при спекании. Максимальная плотность спеченных образцов составила 94% от теоретически возможной. После спекания поверхность образцов керамики ровная, глянцевая. Обнаружено также, что электронно-лучевое спекание алумооксидной керамики возможно при использовании энергий электронно-лучевого воздействия, превышающих 1,5 МДж. Температура образца при этом (по термопаре) не превышает 1100 °С.

Исследование зёрненной структуры поперечного скола такой керамики с помощью растровой электронной микроскопии позволило определить, что повышение интегральной энергии воздействия электронного пучка в процессе выдержки с 1 до 1,5 МДж приводит к росту зёрен до размеров порядка 5 мкм (рис. 2).

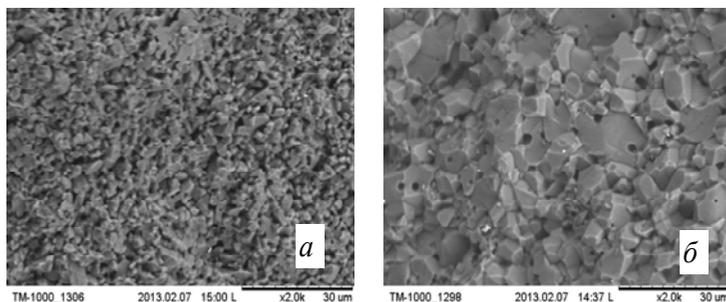


Рис. 2. Микрофотография скола образца: *a* – интегральная энергия 1 МДж, температура 1000 °С; *б* – интегральная энергия 1,5 МДж, температура 1100 °С

Таким образом, двухстороннее электронно-лучевое спекание керамических материалов из оксида алюминия позволяет избежать деформации керамических образцов, обусловленной неравномерной усадкой при спекании и получить керамические структуры с равномерным распределением свойств по объёму.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1162.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chen-Nan Sun. Electron Beam Sintering of Zirconium Diboride / Chen-Nan Sun, C. Gupta Mool, M.B. Karen // Journal of the American Ceramic Society. 2010. Vol. 93, Iss. 9. P. 2484–2486.

2. Гынгазов С.А. О возможности спекания циркониевой керамики пучком низкоэнергетических электронов / С.А. Гынгазов, Т.С. Франгульян, А.К. Горев, А.С. Климов // Известия вузов. Физика. 2011. №1/3. С. 355–358.

3. Осипов В.В., Хасанов О.Л., Шитов В.А. и др. Оптическая $Nd_3+Y_2O_3$ керамика из нанопорошков, спрессованных статическим давлением с ультразвуковым воздействием // Российские нанотехнологии. 2008. Т. 3, № 7–8. С. 474–480.

4. Бурдовицин В.А, Жирков И.С., Окс Е.М. и др. Источник электронов с плазменным катодом для генерации сфокусированного пучка в форвакуумном диапазоне давлений // ПТЭ. 2005. № 6. С. 66–68.

5. Казаков А.В. Электронно-лучевой синтез диоксидциркониевой керамики / А.В. Казаков, А.С. Климов, А.А. Зенин // Доклады ТУСУРа. 2012. Т. 2. С. 186–189.

СИНТЕЗ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ АЛМАЗНЫХ ПЛЕНОК ИЗ ПЛАЗМЫ СИЛЬНОТОЧНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

С.А. Линник, инженер-исследователь лаб. №1 ИФВТ ТПУ

*Научный руководитель Г.Е. Ремнев, зав. лаб. №1 ИФВТ ТПУ, д.т.н., проф.
г. Томск, НИ ТПУ, stepan_lin@mail.ru*

Описана конструкция разработанного CVD-реактора для осаждения поликристаллических алмазных пленок из плазмы сильноточного тлеющего разряда. С помощью растровой электронной микроскопии и рентгенофазового анализа определены фазовый состав и морфология поверхности полученных пленок. Установлено, что полученные алмазные пленки имеют высокую чистоту и кристалличность. Отсутствуют включения неалмазных фаз углерода. Скорость роста поликристаллических алмазных пленок в реакторе достигала 6–7 мкм/ч.

В последние годы во всем мире все большее внимание уделяется исследованиям по газофазному синтезу алмаза, а в частности, по осаждению поли- и монокристаллических алмазных пленок. Это связано с тем, что алмазные пленки являются очень перспективным материалом в качестве упрочняющих и износостойких покрытий, теплоотводящих слоев и покрытий оптических элементов. Столь широкое применение объясняется рядом уникальных свойств алмаза: высочайшей твердостью и теплопроводностью, прозрачностью в широком диапазоне спектра и химической инертностью.

В настоящее время наиболее распространенными методами осаждения алмазных пленок являются: метод горячей нити и осаждение в микроволновой (СВЧ) плазме. Метод горячей нити позволяет осажать пленки по большие площади (свыше 500 см²), но максимальная скорость роста пленки в этом методе не превышает 1 мкм/ч. Использо-

ние же микроволновой плазмы позволяет осаждать пленки высокого качества со скоростью до 8 мкм/ч, но максимальная площадь осаждения менее 180 см². Стоимость СВЧ-реакторов чрезвычайно высока из-за сложности оборудования.

Весьма перспективным методом осаждения алмазных пленок является развиваемый в последние годы, метод осаждения из плазмы тлеющего разряда [1, 2]. Привлекательность этого метода в простоте необходимого оборудования и достаточно высокой скорости роста пленок (свыше 10 мкм/ч). Существует множество конфигураций разрядных систем для осаждения алмазных пленок, различаемых как по площади осаждения, вольт-амперным характеристикам, составу рабочих газов. Но на данный момент отсутствует надежный и общепринятый метод осаждения алмазных пленок высокой чистоты и качества с использованием тлеющего разряда.

В качестве альтернативы методам горячей нити и СВЧ автором разработана конструкция CVD-реактора на основе сильноточного тлеющего разряда. Схема реактора показана на рис. 1. Плазма формируется между двумя вольфрамовыми электродами, температура которых в процессе горения разряда достигает 2500 °С.

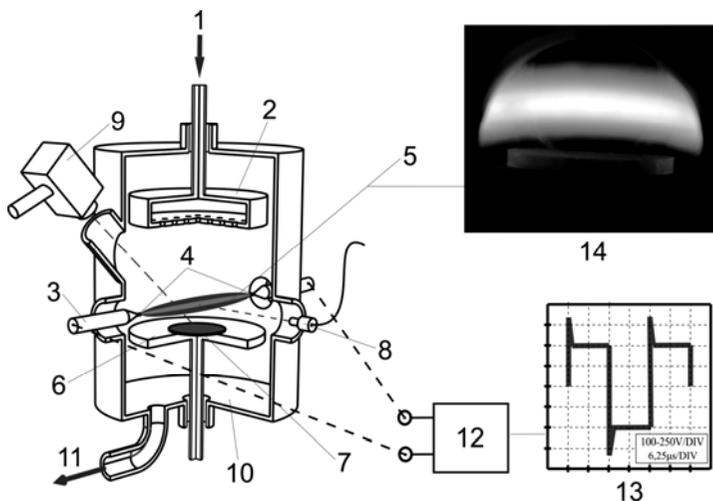


Рис. 1. Схема реактора для осаждения алмаза из плазмы тлеющего разряда:
 1 – подача газовой смеси Ar/H₂/CH₄; 2 – газораспределительная система;
 3 – держатель электрода; 4 – электроды; 5 – плазма; 6 – охлаждаемый подложкодержатель; 7 – подложка; 8 – оптоволоконный приемник ОЭС-спектрометра;
 9 – пирометр; 10 – вакуумная камера; 11 – откачка; 12 – АС блок питания;
 13 – осциллограмма напряжения; 14 – фотография плазмы и подложки в процессе осаждения

Для питания используется переменное напряжение с прямоугольной формой импульсов. В начале каждого импульса подается короткий предимпульс, облегчающий зажигание основного разряда. Благодаря переменному току разряда электроды имеют более высокий ресурс работы, чем в случае однополярного питания. Ток разряда в экспериментах варьировался в диапазоне от 7 до 30 А, а напряжение горения – от 100 до 500 В. Более подробно исследования описаны автором в работах [3, 4].

Газофазное осаждение алмаза – это очень сложный процесс, требующий обеспечения ряда параметров на строго определенном уровне. К основным параметрам можно отнести: температуру подложки, давление в реакторе, объемный расход газов, соотношение газов, расстояние до плазмы, ток разряда и т.д. В проведенных экспериментах наилучшие результаты достигались в диапазоне давлений 40–60 Торр, газовом соотношении 100(Ar):100(H₂):1(CH₄), температуре подложки 800 °С и токе разряда 25 А. Анализ относительной концентрации активных радикалов водорода и углерода в плазме проводился при помощи оптико-эмиссионной спектроскопии (ОЭС). Подробно эти эксперименты описаны в работе [5].

Заключение. В результате проведенных исследований были получены образцы поликристаллических алмазных пленок на подложках из Si, Ti, Mo, WC-Co и др. Скорость роста поликристаллических алмазных пленок достигала 7 мкм/ч. Толщина пленок в зависимости от типа подложки достигала 100 мкм. На рис. 2 показана РЭМ микрофотография поверхности пленки и ее рентгенограмма.

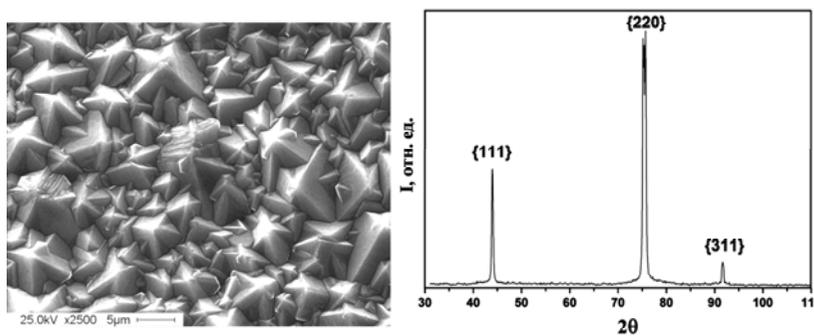


Рис. 2. РЭМ микрофотография поверхности алмазной пленки и ее рентгенограмма

Видно, что пленка имеет высокую кристалличность, а положение дифракционных линий подтверждает, что это действительно алмаз.

Проведенные исследования могут стать важным этапом развития технологии осаждения алмазных покрытий. Данная разрядная система может послужить основой для создания высокопроизводительных промышленных CVD-реакторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lee J.-K., Eun K.Y., Baik Y.-J., Park J.-W. Properties of diamond films deposited by multi-cathode direct current plasma assisted CVD method // *Diamond Rel. Mater.* 2001. Vol. 10, I. 3–7. P. 552–556.
2. Sciortino S., Lagomarsino S., Pieralli F. Polycrystalline diamond synthesis by means of high power pulsed plasma glow discharge CVD // *Diamond Rel. Mater.* 2002. Vol. 11, I. 3–6. P. 573–578.
3. Linnik S.A., Gaydaychuk A.V. Processes and parameters of diamond films deposition in AC glow discharge // *Diamond Rel. Mater.* 2013. Vol. 32. P. 43–47.
4. Линник С.А., Гайдайчук А.В. Синтез алмазных пленок в сильноточном тлеющем разряде переменного тока // *Письма в ЖТФ.* 2012. Т. 38, В. 6. С. 9–14.
5. Линник С.А., Гайдайчук А.В. Оптико-эмиссионная спектроскопия Ar/H₂/CH₄-плазмы в процессе осаждения поликристаллических алмазных пленок // *Изв. вузов. Физика.* 2012. Т. 55, № 6/2. С. 49–54.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСВЕТЛЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ

А.П. Молева, В.В. Скубо, студенты

Научный руководитель И.А. Чистоедова, к.т.н., доцент

г. Томск, ТУСУР, каф. ФЭ, moleva.asya@rambler.ru

Проект ГПО ФЭ-1103 – «Повышение внешнего квантового выхода светодиодов»

В настоящее время разработка высокоэффективных мощных светодиодных кристаллов, излучающих в синем и ультрафиолетовом диапазонах, является одной из основных задач в исследовании полупроводниковых приборов на основе GaN и его твердых растворов.

Основным физическим эффектом, ограничивающим эффективность вывода света, является эффект полного внутреннего отражения.

Исходя из анализа литературы [1–3], одним из возможных решений данной проблемы является нанесение дополнительного слоя. Просветляющие пленки уменьшают светорассеяние и отражение падающего света от поверхности оптического элемента, соответственно улучшая светопропускание системы и контраст оптического изображения.

Наиболее перспективным является формирование микрорельефа в дополнительном слое. Так, в [2] сообщается об увеличении световой выходной мощности для GaN светодиодов с текстурированным про-

зрачным слоем ИТО, нанесенным на слой p-GaN, покрытого слоем Al_2O_3 в виде сфер. В [3] предлагается повысить внешний квантовый выход светодиодов использованием градиентного показателя преломления ИТО, состоящего из четырёх слоёв с различными показателями преломления.

В таблице приведены результаты расчёта угла полного внутреннего отражения для подложки из GaN ($n = 2,4$) для ряда покрытий (таблица).

Исходя из полученных расчетов, можно сделать вывод, что с помощью просветляющих покрытий возможно увеличение угла полного внутреннего отражения.

**Углы полного внутреннего отражения для различных слоев
на подложке из GaN**

№	Покрытие	n	$\alpha_{кр}, ^\circ$
1	Al_2O_3	1,6	41,85
2	SiO_2	1,41	36
3	ИТО	1,9	52,17

Был проведен расчёт коэффициентов отражения для однослойных и многослойных покрытий для подложки из GaN. На основе расчётов были построены спектры отражения, представленные на рис. 1.

При расчете коэффициента отражения для подложки из GaN ($n = 2,4$) в качестве просветляющих покрытий были выбраны следующие слои: SiO_2 , TiO_2 , Ta_2O_5 , Al_2O_3 и ИТО. При расчете коэффициента отражения для подложки из GaN ($n = 2,4$) в качестве двухслойных просветляющих покрытий были выбраны следующие комбинации слоёв: $\text{SiO}_2 + \text{ИТО}$; $\text{TiO}_2 + \text{ИТО}$; $\text{ИТО} + \text{Al}_2\text{O}_3$.

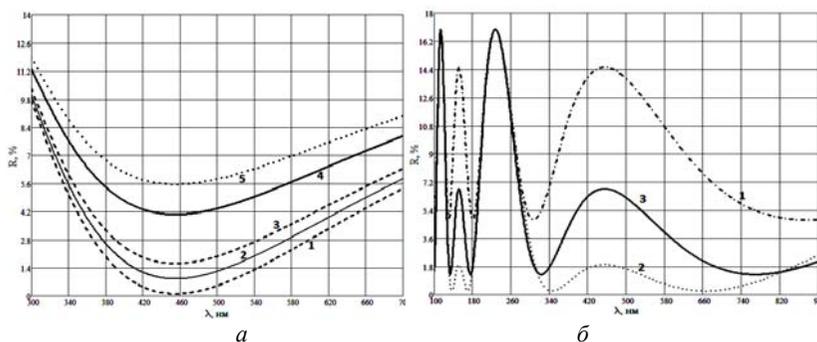


Рис. 1. Спектр отражения для подложки из GaN ($n = 2,4$) с однослойными просветляющими покрытиями: 1 – Al_2O_3 ; 2 – SiO_2 ; 3 – Ta_2O_5 ; 4 – ИТО; 5 – TiO_2 (а); и двухслойными 1 – $\text{TiO}_2 + \text{ИТО}$; 2 – $\text{ИТО} + \text{SiO}_2$; 3 – $\text{ИТО} + \text{Al}_2\text{O}_3$ (б)

Из рис. 1, *а* видно, что для GaN ($n = 2,4$) наилучший эффект просветления наблюдается при нанесении просветляющих покрытий из Al_2O_3 ($d = 71,1$ нм), у которого коэффициент отражения получился наименьшим – $R = 0,104$ % и SiO_2 ($d = 80$ нм), с полученным коэффициентом отражения $R = 0,842$ %.

Из рис. 1, *б* видно, что для GaN из рассчитанных двухслойных просветляющих покрытий минимальное отражение обеспечивают комбинации покрытий из ИТО ($d = 60$ нм) + SiO_2 ($d = 80$ нм) с коэффициентом отражения $R = 1,92$ % и из ИТО ($d = 60$ нм) + Al_2O_3 ($d = 71$ нм) с коэффициентом отражения $R = 6,75$ %.

Как показали расчеты, двухслойное покрытие из ИТО + SiO_2 позволяет уменьшить отражение по сравнению с однослойными покрытиями из ИТО: ИТО + SiO_2 $R = 1,92$ %, ИТО $R = 4,053$ %.

На рис. 2 приведены графики зависимости коэффициента пропускания от длины волны для LiNbO_3 без пленки (график 1) на длине волны 455 нм коэффициент пропускания $T = 52,833$ % и для LiNbO_3 с покрытием SiO_2 (график 2) с $d = 80$ нм, на длине волны 455 нм коэффициент пропускания $T = 68,512$ %.

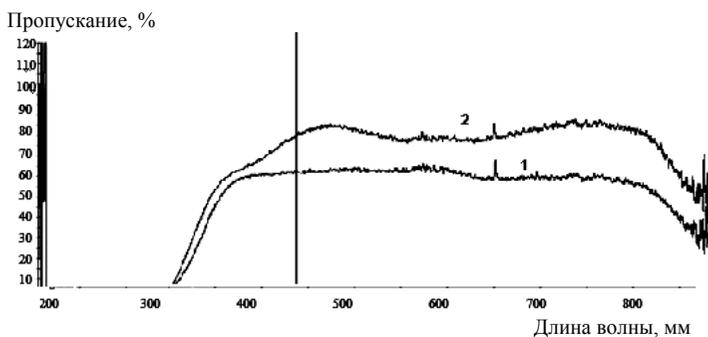


Рис. 2. График зависимости коэффициента пропускания от длины волны для LiNbO_3 с покрытием SiO_2

Коэффициент пропускания для чистого ниобата лития $T = 55$ % ($\lambda = 455$ нм). Слабое пропускание обусловлено некачественной полировкой поверхности ниобата лития.

Коэффициент пропускания SiO_2 на подложке из ниобата лития равен 75% ($\lambda = 455$ нм).

Из рис. 2 видно, что при нанесении просветляющего покрытия SiO_2 на LiNbO_3 коэффициент пропускания увеличился на 45%.

Таким образом, при нанесении SiO_2 наблюдается эффект просветления, т.е. SiO_2 является просветляющим покрытием для LiNbO_3 .

Анализ расчетных и экспериментальных результатов показывает целесообразность использования в качестве однослойных просветляющих покрытий на GaN слоёв SiO₂, Al₂O₃ и двухслойных просветляющих покрытий с комбинациями слоёв ITO + SiO₂ и ITO + Al₂O₃.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nanoepitaxy to improve the efficiency of InGaN light-emitting diodes. Наноэпитаксия для улучшения эффективности светодиодов на основе GaN / K.Y. Zang, S.J. Chua, J.H. Teng, N.S.S. Ang, A.M. Yong, S.Y. Chow // Applied Physics Letters. 2008. Т. 92, № 243126. С. 1–3.
2. GaN-based light-emitting diode with textured indium tin oxide transparent layer coated with Al₂O₃ powder. Светодиод на основе GaN с текстурированным прозрачным слоем ITO, покрытым порошком Al₂O₃ / T.K. Kim, S.H. Kim, S.S. Yang et al. // Appl. Phys. Lett. 2009. Т. 94, № 16. С. 161107/1–161107/3.
3. Kim J.K. Enhancement of Light Extraction in GaInN Light – Emitting Diodes with Graded – Index Indium Tin Oxide Layer. Повышение квантовой эффективности в GaInN при помощи градиентного показателя преломления в оксиде и титана и индия / J.K. Kim, M.F. Shubert, J.-Q. Xi, F. Mont, E.F. Shubert // Optical Society of America. 2006. Т. 1. № 230. P. 3670.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ БОКОВОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЗАТВОРА N-MOS ТРАНЗИСТОРА В ПРОГРАММЕ SILVACO TCAD

Н.В. Скотников, студент,

Т.И. Данилина, к.т.н, проф. каф. физической электроники

г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, nickky@ibmail.com

В данной статье представлены результаты моделирования процесса осаждения диэлектрика с помощью конической модели осаждения. Коническая модель – это упрощённая версия планетарной модели, причем со стороны подложки источник выглядит как симметричный конус. При такой конфигурации скорость роста диэлектрической плёнки можно вычислить по формуле [1]

$$R_x(x, y) = \frac{-R(R^2 + LW)}{\sqrt{R^2 + W^2} (R^2 + L^2)} \left\{ \sqrt{1 - \left(\frac{L}{R} \tan \delta_{\max}\right)^2} - \sqrt{1 - \left(\frac{L}{R} \tan \delta_{\max}\right)^2} \right\},$$

где $R_x(x, y)$ – скорость роста плёнки; δ_{\max} – максимальный угол падения парового потока; L , R и W – геометрические параметры планетарной системы (рис. 1).

В модели были заложены следующие параметры: скорость осаждения – 100 нм/мин, материал осаждения – SiO₂, время осаждения – 100 с. Геометрические параметры L , W и R вычисляются в программе с помощью переменных ANGLE1= γ , C.AXIS и P.AXIS.

Для нахождения оптимального расположения подложки относительно источника испарения с целью полной пассивации затвора n -MOS транзистора было произведено несколько экспериментов.

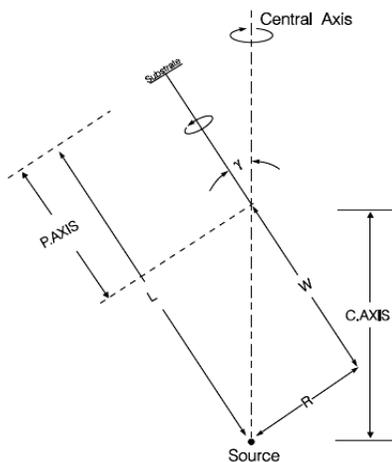


Рис. 1. Коническая модель

1. Моделирование осаждения для различных углов γ при C.AXIS=0 (условных единиц) и P.AXIS=40 (условных единиц).

Результаты моделирования представлены на рис. 2.

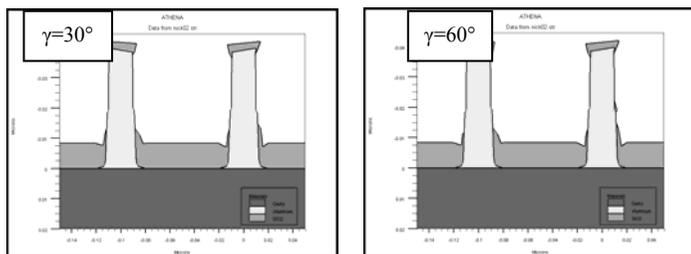


Рис. 2. Результаты первого эксперимента

Как видно из этих рисунков, диэлектрик не осаждается на боковые стенки. Это происходит из-за того, что для расчёта роста плёнки коническая модель использует модель струны. Эта модель не позволяет рассчитать попадание частицы в область геометрической тени, а так как в данной модели осаждения источник со стороны подложки выглядит как симметричный конус, то при заданных начальных параметрах частицы диэлектрика будут перпендикулярно поступать на подложку, и запассивировать затвор не получится.

2. Моделирование осаждения для различных углов γ при C.AXIS=40 и P.AXIS=40.

Результаты моделирования представлены на рис. 3.

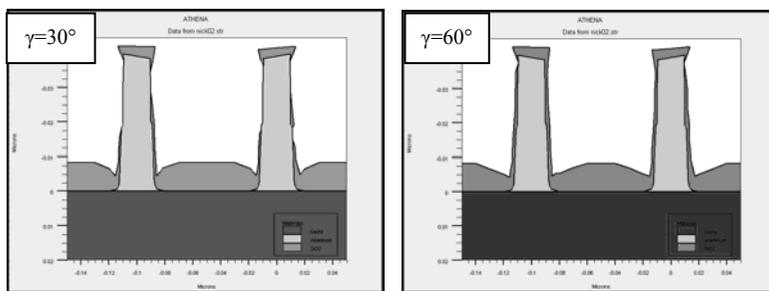


Рис. 3. Результаты второго эксперимента

Как видно из этих рисунков, с увеличением угла наклона подложки относительно центральной оси вращения степень комфортности боковой поверхности увеличивается. На практике для получения наилучших результатов по пассивации затворов можно рекомендовать углы наклона подложки, близкие к 90° . При этом для реализации данной модели необходимо отодвинуть источник на расстояние, равное радиусу планетарной системы.

3. Моделирование осаждения для различных углов γ при C.AXIS=40 и P.AXIS=0.

Результаты моделирования представлены на рис. 4.

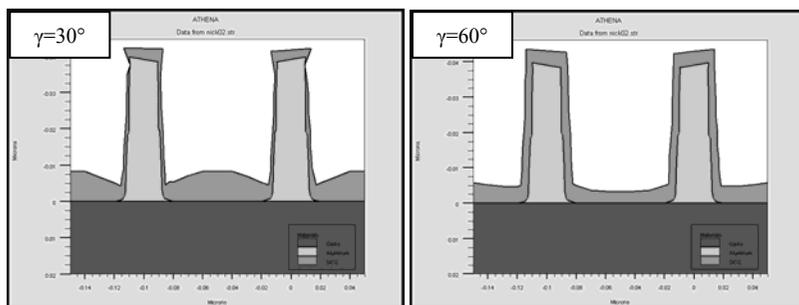


Рис. 4. Результаты третьего эксперимента

Как видно из полученных результатов, с увеличением угла наклона подложки степень комфортности увеличивается и достигает значения, равного единице при угле наклона в 60° . Для практической реализации пассивации затворов транзисторов можно рекомендовать угол наклона подложки в 60° , при этом подложка должна находиться непосредственно под источником. Такую конфигурацию источник–подложка можно получить, сдвигая источник в сторону относительно центра планетарной системы.

В результате работы были проведены три эксперимента по моделированию заращивания затвора n -MOS транзистора. Во всех экспериментах были рассмотрены предельные случаи геометрического расположения источник–подложка, причем, так как модель струны не учитывает поверхностную диффузию атомов по подложке, то данные результаты являются наихудшим практическим случаем. На практике за счет поверхностной диффузии атомы диэлектрика будут проникать в область геометрической тени и пассивировать затвор более равномерно, чем показали результаты моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Silvaco International. ATHENA User's Manual: www.engr.sjsu.edu/~dparent/Silvaco/athena.pdf

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ЭЛЕКТРОНОВ С УЧЕТОМ ВТОРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И ОЖЕ-ЭЛЕКТРОНОВ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Чан Хай Кат, аспирант каф. физики

г. Волгоград, ВолгГТУ, tranhaicat@hotmail.com

В данной работе мы используем упругое дифференциальное сечение по Мотту [1] и неупругое дифференциальное сечение по Гризинскому [2, 3]. Неупругое дифференциальное сечение по Гризинскому дает нам детальную информацию для моделирования вылетающих от атома вторичных электронов, так как оно рассматривает ионизацию отдельных оболочек атома и дает значение потерь энергии. Алгоритмы, приведенные в этой работе, немного отличаются от алгоритмов в других работах. Они основаны на характеристиках рассеяния по теории Гризинского: угловое рассеяние вычислено не только для упругих но и для неупругих соударений; моделирование движения электронов учитывает генерацию вторичных электронов и Оже-электронов.

Выберем для проверки правильности модели расчеты по Монте-Карло функцию вероятности выхода электрона $q(z)$. Функция $q(z)$ представляет собой вероятность выхода из образца электрона, родившегося на расстоянии z от поверхности с определенной начальной энергией. На рис. 1 представлен пример траекторий электронов, изотропно испускающихся из глубины $1,5 \cdot 10^{-5}$ см от поверхности кристалла германия с начальной энергией 6,83 кэВ. При этом плоскость Oxy совпадает с поверхностью кристалла.

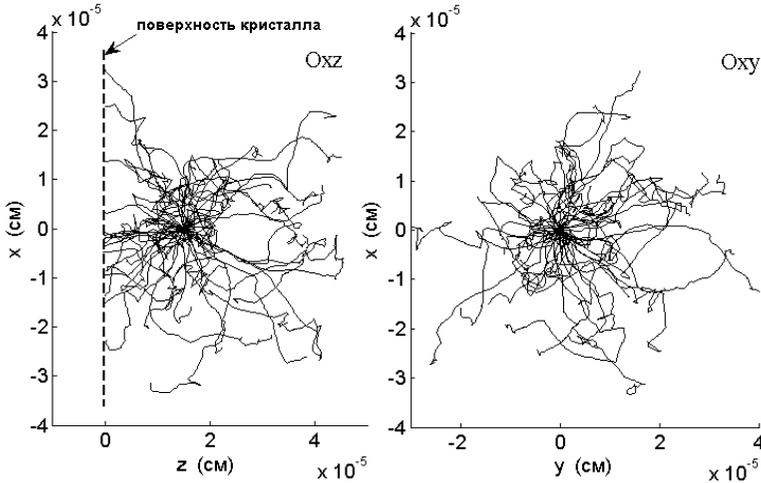


Рис. 3. Траектории электронов, изотропно испускающихся с энергией 6,83 кэВ из глубины $1,5 \cdot 10^{-5}$ см от поверхности кристалла германия

Зависимость функции $q(z)$ от глубины z для германия, вычисленная методом Монте-Карло, показана на рис. 2. Здесь мы сравним наш результат с аналитической функции и эмпирической формулой из работы [4]:

$$q(z) = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{z}{L}\right), \quad (1)$$

$$q(z) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{z}{L^l} \right), \quad L^l = \frac{6 \cdot 10^{-6} A}{\rho Z} E^{1,4} \text{ см} \quad (2)$$

и с аналитическими функциями из работы [5]

$$q(z) = C_1 \exp\left(-\frac{z}{L_1}\right) \quad (3)$$

для медленных электронов и

$$q(z) = C_2 \left[1 - \operatorname{erf}\left(\frac{z}{L_2}\right) \right] \quad (4)$$

для быстрых электронов. Здесь L в функции (1) получен из работы [4], а параметры C_1 , L_1 в функции (3) и C_2 , L_2 в функции (4) получены из работы [5]. Из рис. 2 видно, что расчёты по Монте-Карло очень хорошо согласны с функцией (4).

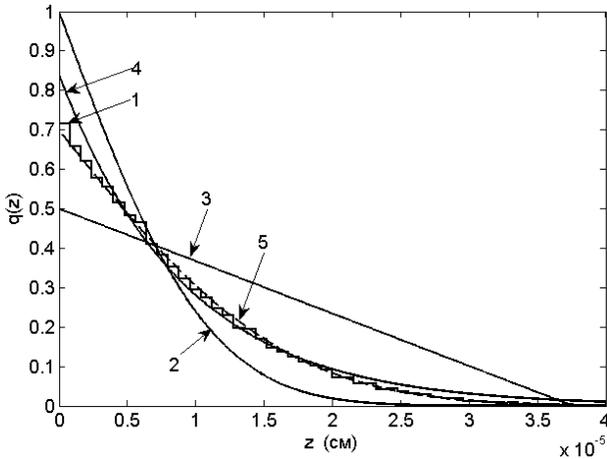


Рис. 4. Зависимость вероятности выхода от глубины рождения электронов для германия: 1 – по Монте-Карло, 2 – по функции (1), 3 – по функции (2), 4 – по функции (3), 5 – по функции (4)

ЛИТЕРАТУРА

1. Смоляр В.А. Упругое рассеяние электронов в твёрдых телах / В.А. Смоляр, Чыонг Тхань Хиену Нгуен // Изв. ВолгГТУ. Сер. Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. Вып. 5: межвуз сб. науч. ст. ВолгГТУ. Волгоград, 2011. № 6. С. 11–16.
2. Gryzinsky M. Two-particle collisions. II. Coulomb collisions in the laboratory system of coordinates / M. Gryzinsky // Phys. Rev. 1965. Vol. 138, № 2A. P. 322–335.
3. Смоляр В.А. Вычисление неупругого рассеяния электронов в твёрдых телах по теории Гризинского и по экспериментально измеренной диэлектрической функции / В.А. Смоляр, Хай Кат Чан // Изв. ВолгГТУ. Сер. Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь». Вып. 6: межвуз сб. науч. ст. ВолгГТУ. Волгоград, 2012. № 6. С. 15–21.
4. Бакалейников Л.А. Определение функции выхода для электронов средних энергий на основе использования кинетического уравнения / Л.А. Бакалейников, С. Г. Коников, К.Ю. Погребницкий и др. // ЖТФ. 1994. Т. 64, вып. 4. С. 9–16.
5. Бакалейников Л.А. Аналитический и численный подходы к расчету функции выхода электронов средних энергий из однородных образцов / Л.А. Бакалейников, Е. Ю. Флегонтова, К.Ю. Погребницкий и др. // ЖТФ. 2001. Т. 71, вып. 7. С. 14–20.

ЗАЖИГАНИЕ ДУГОВОГО РАЗРЯДА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО ВАКУУМА

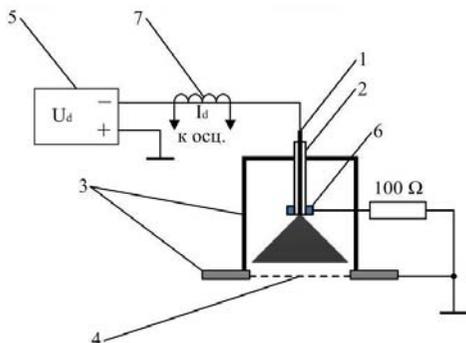
*А.В. Казаков, аспирант каф. физики, А.В. Волков, студент каф. ЭП,
А.В. Медовник, доцент каф. физики, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, Kazakov89@sibmail.com*

В электронных источниках с плазменным катодом величина тока пучка соизмерима со значением тока разряда, генерирующего плазму. В тлеющем разряде плотность тока разряда и полный ток ограничены значением, приблизительно равным минимальному току образования и устойчивого существования катодного пятна, т.е. перехода тлеющего разряда в дуговой. Стремление к дальнейшему повышению тока электронного пучка и его плотности приводит к необходимости использования в плазменных источниках электронов дугового разряда [1]. Большинство плазменных источников, основанных на дуговом разряде, функционируют в условиях высокого вакуума ($10^{-3} - 10^{-2}$ Па), поэтому свойства вакуумной дуги хорошо изучены [2, 3], в то же время свойства и особенности дугового разряда в среднем вакууме изучены недостаточно. В связи с этим цель настоящей работы состояла в исследовании дугового разряда в среднем вакууме и сравнении с вакуумной дугой.

Экспериментальная установка и техника эксперимента. Эксперименты по исследованию влияния давления на зажигание дугового разряда проводились с использованием импульсного плазменного источника, схема которого представлена на рис. 1. Конструкция источника включает в себя медный катод 1, заключенный в керамический изолятор 2, цилиндрический анод 3, в основании которого выполнено эмиссионное окно, перекрытое мелкоструктурной сеткой ($0,3 \times 0,3$ мм) 4 из нержавеющей стали. Питание источника обеспечивалось импульсным блоком питания разряда 5. Зажигание дуги осуществлялось вспомогательным разрядом по поверхности керамики между катодом 1 и поджигающим электродом 6, электрически соединенным с анодом через резистор $R = 100$ Ом. Разрядная система размещалась на вакуумной камере, которая откачивалась механическим и диффузионным насосами. В экспериментах давление изменялось в диапазоне $10^{-2} - 2$ Па. Частота повторения импульсов во всех экспериментах составляла 1 имп/с, длительность импульса составляла 150 мкс.

Амплитуда тока разряда I_d изменялась в диапазоне от 8 до 30 А. Ток разряда I_d измерялся с помощью трансформатора тока (пояс Роговского) 7 с чувствительностью 50 А/В, сигнал с которого подавался на осциллограф. Измерение напряжения на разрядном промежутке осуществлялось с помощью резистивного делителя НВП-15HF.

Рис. 1. Схема импульсного плазменного источника:
 1 – катод; 2 – керамический изолятор; 3 – анод; 4 – эмиссионное окно; 5 – блок питания; 6 – поджигающий электрод; 7 – пояс Роговского



Результаты эксперимента и их обсуждение. Типичные осциллограммы тока разряда и напряжения на разрядном промежутке представлены на рис. 2, *а*. На рис. 3 представлен график зависимости времени фронта тока τ_f от тока разряда I_d при различных давлениях. Под временем фронта развития тока τ_f подразумевается время, за которое величина тока разряда I_d увеличивается от 0,1 до 0,9 от максимальной амплитуды тока разряда (рис. 2, *б*).

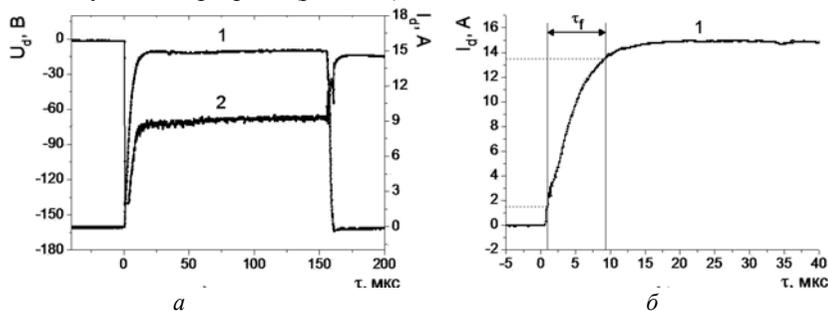


Рис. 2. Осциллограммы тока разряда (1) и напряжения на разрядном промежутке (2) при $p = 10^{-2}$ Па

Полученные экспериментальные данные показывают, что при увеличении давления до 2 Па значительно уменьшается время фронта нарастания тока τ_f . По нашему мнению это связано с появлением дополнительных газовых ионов, которые увеличивают скорость образования плазмы дугового разряда. Данный механизм можно представить следующим образом. При инициировании дуги вспомогательным разрядом по поверхности керамики, после образования катодного пятна происходит переключение тока разряда с вспомогательного электрода на анод, и электроны начинают распространяться в сторону анода, ионизуя атомы металла и формируя плазменный столб, выполняющий

роль плазменного проводника между катодом и анодом [3]. При давлении порядка 2 Па в разрядном промежутке кроме ионов и атомов металла присутствуют атомы остаточного газа (воздуха). Электроны, эмитируемые катодом, ионизируют атомы газа (воздуха) на пути своего следования и образуют дополнительные ион-электронные пары,

что, в конечном счете, приводит к более быстрому образованию плазмы и выходу тока дуги на стационарное значение I_d .

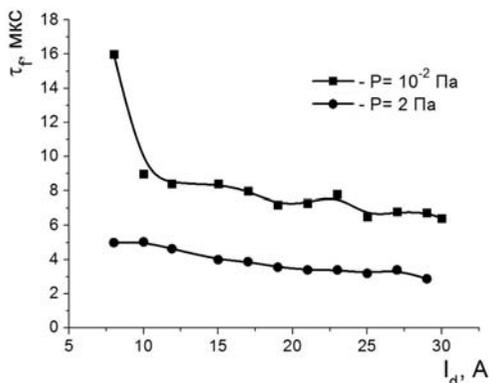


Рис. 3. График зависимости времени фронта развития тока τ_f от тока разряда I_d

ЛИТЕРАТУРА

1. Окс Е.М. Источники электронов с плазменным катодом: физика, техника, применения. Томск: Изд-во НТЛ, 2005. 216 с.
2. Кобайн Дж., Эккер Г. и др. Вакуумные дуги: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Лафферти. М.: Мир, 1982. 432 с.
3. Месяц Г.А. Эктоны. Ч. 2. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 25 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО СВЕТОДИОДА В РАБОЧЕМ РЕЖИМЕ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЕГО КОНСТРУКЦИИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ю.С. Жидик, студент каф. физической электроники

Научный руководитель П.Е. Троян, д.т.н., проф.

г. Томск, ТУСУР, Zhidikyur@mail.ru

Проект ГПО ФЭ-1104 – «Расчет и технология формирования теплоотводящего покрытия для светодиодов»

В настоящее время светодиоды становятся все более популярными в качестве эффективных малогабаритных источников света. Конструкция светодиода определяет распределение и интенсивность излучения, электрические, тепловые, энергетические и другие характеристики излучения, сгенерированного в полупроводниковом кристалле, и, конечно, взаимное влияние всех этих параметров друг на друга. Отсут-

ствие же во многих лабораториях приборного обеспечения для их измерения делает невозможным создание оптимальной и эффективной светодиодной структуры. Решение этой проблемы в данной работе достигается корректным моделированием светодиода в рабочем режиме путем решения связанной электротеплооптической задачи в моделирующей среде SpeCLED [1] с использованием входных данных, полученных из экспериментов.

SimuLED включает в себя три основных модуля:

- SiLENSe – одномерная программа, моделирующая инжекцию носителей зарядов и генерацию света в гетероструктурах.
- SpeCLED – трехмерная моделирующая программа распространения тока и теплопередачи в кристалле светодиода.
- RATRO – трехмерная моделирующая программа, прослеживающая распространение пучка света в кристалле и его экстракцию.

Моделирование начиналось с использования модуля SimuLED SiLENSe (рис. 1), в котором была составлена одномерная модель гетероструктуры AlInGaN, состоящая из n -GaN контактного слоя (толщина 500 нм, $n=5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$), активной области, 40 нм буферного слоя p -Al_{0,2}Ga_{0,8}N с $p=1,5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, сопровождающемся контактным слоем p -GaN (толщина 200 нм, $p=2,5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$). Активная область включает в себя четыре нелегированных In_{0,2}Ga_{0,8}N квантовых ямы шириной 3 нм, отделенных 10 нм барьерами n -GaN ($n=5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$).

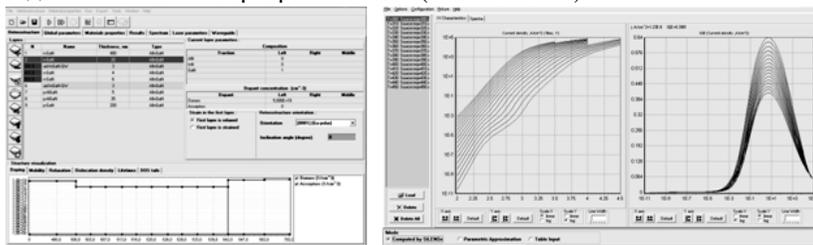
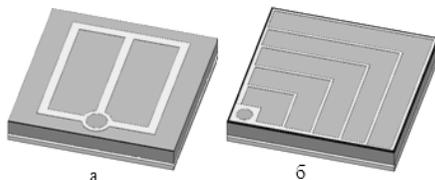


Рис. 1. Моделирование героструктуры AlInGaN в SimuLED SiLENSe (слева) и передача полученного решения (зависимости плотности тока и внутреннего квантового выхода (IQE) от напряжения) в SpeCLED (справа)

Используя смоделированную структуру активной области, произведено моделирование вертикальных чипов размерами $875 \times 875 \text{ мкм}^2$ с двумя наиболее эффективными топологиями n -электрода, показанными на рис. 2. Сапфировая подложка, как предполагается, удалена после роста структуры светодиода. Для повышения внешнего квантового выхода путем формирования оптических неровностей на поверхности n -GaN, рассеивающих свет, свободная поверхность между n -электродами представлена в виде множества плотноупакованных шести-

угольных пирамид с шириной основания 500 и высотой 2000 нм. Для равномерности растекания тока по поверхности n -GaN производится моделирование пленки ITO (indium tin oxide). Описание свойств слоя ITO в SimuLED SpeCLED позволяет учесть его связанные электрические, тепловые и оптические свойства. В качестве контакта к n -GaN на его поверхности моделируется сплошной отражающий контакт из серебра.

Рис. 2. Схематичное изображение моделируемых кристаллов с различными топологиями n -контакта



Связанное моделирование дало достоверную картину распределения электрических и оптических характеристик, что позволило выявить некоторые общие закономерности их поведения.

Во-первых, поля распределения плотности тока, напряжения, мощности, выделяемой в виде тепла и оптического излучения, имеют схожие контуры областей максимальных и минимальных значений. Было замечено, что в области контактной n -площадки наблюдаются чрезвычайно низкое значение внутреннего квантового выхода и сильный перегрев. Происходит это из-за эффекта стягивания тока в этой области, подробно описанного в [2]. Убрать влияние этого эффекта предложено путем добавления вставки диэлектрического слоя между n -электродом (в области n -площадки) и слоем ITO.

Во-вторых, для внутреннего квантового выхода отмечено, что он имеет максимум при некоторой оптимальной концентрации носителей, которой соответствует оптимальная плотность тока.

Далее исследование изменения контактного сопротивления ITO / p -GaN показало, что от этого параметра в очень широких пределах зависит мощность, выделяемая в этой области в виде тепла, а следовательно, рабочее напряжение и КПД прибора. Моделирование конструкций с увеличивающимися толщинами слоя растекания тока ITO выявило, с одной стороны, более равномерное распределение тока и внутренней квантовой эффективности, с другой, как и следовало ожидать, увеличение доли поглощаемых в объеме материала фотонов.

Оценка влияния различных толщин металлизации омических контактов показало, что их изменения на оптические и электрические характеристики влияют незначительно. Следовательно, соотношение толщин слоев металлов электродов следует выбирать исходя из их минимального слоевого и контактного сопротивления к полупроводнику, определенного методом прямого измерения TLM.

Последней исследуемой стороной явилось создание преломляющих текстурированных поверхностей. Показано, что применение даже разряженно распределенных по поверхности шестиугольных пирамид позволило в случае их расположения на верхней грани гетероструктуры увеличить КПД прибора в 1,64 раза относительно начального значения, а при текстурировании поверхности сапфировой подложки почти в 2 раза.

Таким образом использование комплекса SimuLED в симбиозе с данными экспериментов позволяет вести полный контроль над параметрами светодиода, что делает возможным максимальную оптимизацию всех элементов конструкции излучающего кристалла, ответственных за вывод излучения, минимизацию электрического и теплового сопротивлений, обеспечение равномерного растекание тока.

Автор выражает свою благодарность представителям компании STR Group в Санкт-Петербурге за предоставление ознакомительной лицензии на использование программы SimuLED.

ЛИТЕРАТУРА

1. STR Group [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.str-soft.com>
2. Bogdanov M.V., Bulashevich K.A., Khokhlev O.V. et al. Current crowding effect on light extraction efficiency of thin-film LEDs // Phys. stat. solid. 2010. №3. 2066 p.

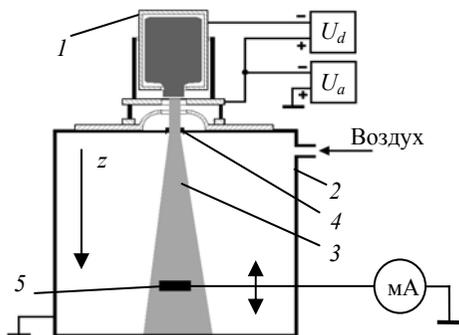
РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ В ГАЗЕ

*Д.Б. Золотухин, студент 5-го курса каф. ЭП, А.А. Зенин, м.н.с.
Научный руководитель В.А. Бурдовицин, д. т. н., проф.
г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, каф. физики, ZolotukhinDen@sibmail.com*

Одно из достоинств плазменных электронных источников заключается в возможности генерации пучков в области повышенных давлений вплоть до 100 Па [1]. В то же время при таких давлениях важную роль играют процессы взаимодействия электронов с молекулами газа, способные приводить к изменениям геометрических и энергетических характеристик пучка. Цель настоящей работы состояла в изучении зависимости тока пучка электронов с энергией 10 кэВ от длины пути пучка в воздухе в форвакуумном диапазоне давлений (12–30 Па).

Эксперимент проводился на установке, схематически представленной на рис. 1. Плазменный источник электронов 1 [2], устанавливался на вакуумной камере 2, откачиваемой механическим насосом, и создавал параллельный пучок электронов 3 с током 35 мА и энергией

10 кВ. Пучок поступал в камеру через апертуру 4 диаметром 6 мм. Давление в камере регулировали в диапазоне 12–30 Па путем напуска воздуха. Регистрация пучка производилась миллиамперметром, подключенным к коллектору 5, способным перемещаться вдоль оси z . Коллектор представлял собой медный диск диаметром 60 мм. Для предотвращения попадания

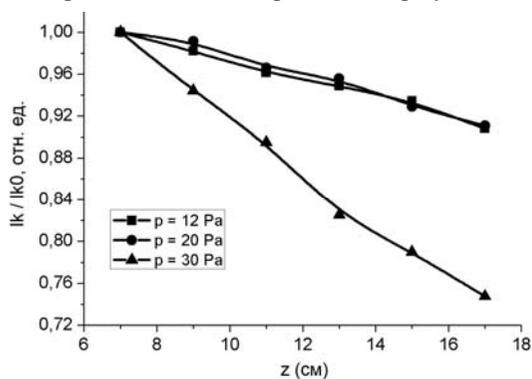


попадания электронов из пучковой плазмы на коллектор 5 подавалось постоянное отрицательное смещение 2 В.

Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Напряжение разряда плазменного источника электронов устанавливалось равным 250–350 В и обеспечивалось источником питания разряда U_d . Электроны ускорялись напряжением величиной 10 кВ, создаваемым источником ускоряющего напряжения U_a .

В ходе экспериментов была отмечено уменьшение величины тока электронов на коллектор как по мере удаления коллектора от апертуры



камеры, так и с возрастанием давления (рис. 2).

Рис. 2. Ток коллектора как функция расстояния, пройденного пучком, для различных давлений газа

Для объяснения результатов экспериментов была создана модель, учитывающая классическое рассеяние электронов на атомах газа с использованием формулы Резерфорда. Расчеты проводились с применением ранее созданной программы [3], позволяющей проследить траектории отдельных электронов с учетом взаимодействия с неподвижными рассеивающими центрами. В наших расчетах отслеживались 1000

траекторий. С учетом частиц, отклонившихся на большие углы, была оценена доля электронов, попадающих на коллектор. Результаты, представленные на рис. 3, свидетельствуют об удовлетворительном совпадении расчетных и экспериментальных зависимостей. Это означает наличие инструмента, позволяющего прогнозировать поведение электронного пучка при его распространении в газе.

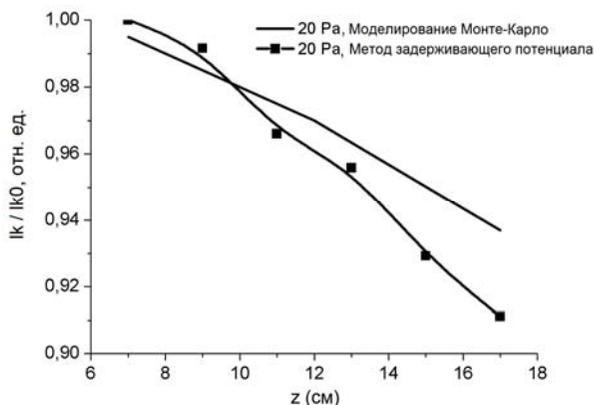


Рис. 3. Расчетные и экспериментальные зависимости тока пучка от расстояния до коллектора

На основании проведенных экспериментов и сравнения расчетных и экспериментальных зависимостей можно заключить, что при распространении электронного пучка в диапазоне давлений газа 10 – 30 Па основная причина снижения тока заключается в рассеянии электронов на большие углы при многократных столкновениях с молекулами газа. Отмеченное обстоятельство накладывает ограничение на возможность фокусировки электронного пучка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зенин А.А., Климов А.С., Бурдовицин В.А., Окс Е.М. Генерация стационарных электронных пучков форвакуумным плазменным источником в области давлений 100 Па // Письма в ЖТФ. 2013. Т. 39, вып. 10. С. 9–14.
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. Золотухин Д.Б. Моделирование методом Монте-Карло упругого и неупругого рассеяния электронного пучка в газе / Д.Б. Золотухин, В.А. Бурдовицин // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. Томск, 2012. №2 (26), ч. 2. С. 55–58.

СЕКЦИЯ 12

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

*Председатель секции – Михальченко Г.Я., директор НИИ ПрЭ,
д.т.н., профессор;*

*зам. председателя – Семенов В.Д., профессор,
зам. зав. каф. ПрЭ по НР, к.т.н.*

ТРАНЗИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ганбат Энхбаяр, студент кафедры ПрЭ

*Нучный руководитель В.Д. Семенов, зам. зав. каф. ПрЭ, проф., к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, e_eria@yahoo.com*

Настоящий проект посвящён транзисторному преобразователю для возбуждения синхронного двигателя мельницы МШЦ 5.5×6.5 (МШЦ 5.5×6.5 – мельница шаровая, центробежная, габариты барабанов: диаметр 5,5 м, длина 6,5 м) и обеспечивает управление током обмотки возбуждения, компенсацию реактивной мощности сети синхронного двигателя мельницы с автоматически регулируемым постоянным током, повышение надёжности работы электроприводов с синхронными двигателями. На горно-обогатительном комбинате (КОО «Предприятие Эрдэнэт», Монголия) в настоящее время используются синхронные двигатели для измельчения руды. Для возбуждения синхронных двигателей используется тиристорный возбудитель (ТВ) ЩТС-38, который сделан в 1978 г. на Украине. В последнее время происходит много аварийных остановок, связанных с ТВ. Система управления ТВ построена на старой элементной логической базе и характеризуется высоким энергопотреблением. На рис. 1 показана функциональная схема управления СД мельницы МШЦ 5.5×6.5.

В таблице представлены некоторые важные технические характеристики двигателя.

Возбудитель, показанный на рис. 2, включает в себя трехфазный выпрямитель на силовых диодах VD1-VD6, регулируемый транзисторный прямоходовый преобразователь на транзисторах VT1, VT2 и диодах VD7, VD8 и дополнительный «разрядный» ключ VT для сброса энергии обмотки возбуждения при включении СД и для защиты асинхронного хода.

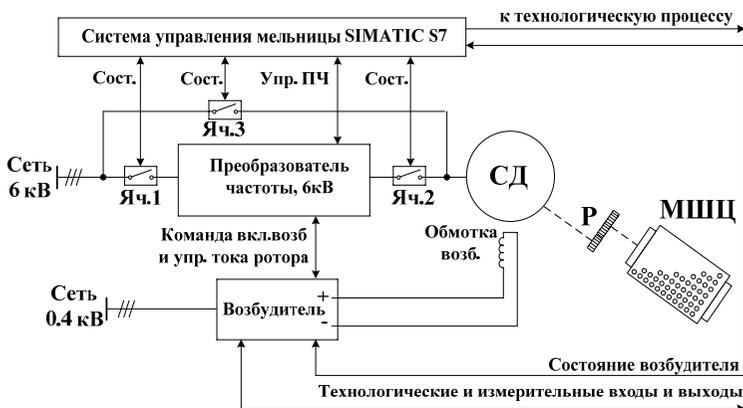


Рис. 1. Функциональная схема управления СД мельницы

Технические характеристики синхронного двигателя

Тип двигателя	СДМ32-24-59-80УХЛ
Мощность, кВт	4000
Напряжение статора, В	6000
Частота вращения, об/мин	75
КПД, %	95
Напряжение возбуждения, В	234
Ток возбуждения, А	260

На рис. 3 показана модель транзисторного преобразователя на Simulink Matlab.

На выходе транзисторного преобразователя формируется напряжение с ШИМ на повышенной частоте коммутации. А на обмотке возбуждения СД ток сглаживается, его величина определяет режимы компенсации реактивной мощности. Принцип работы транзисторного преобразователя заключается в выпрямлении синусоидального напряжения и его преобразовании. На рис. 4 показаны характерные временные диаграммы транзисторного преобразователя.

Заключение. Создана действующая экспериментальная модель транзисторного преобразователя, позволяющая осуществить практическую реализацию известных и предложенных систем автоматического регулирования возбуждения. В результате исследований подтверждены достоверность полученных теоретических результатов, работоспособность предложенных систем автоматического регулирования возбуждения, а также целесообразность их практического использования для возбуждения синхронного двигателя мельницы.

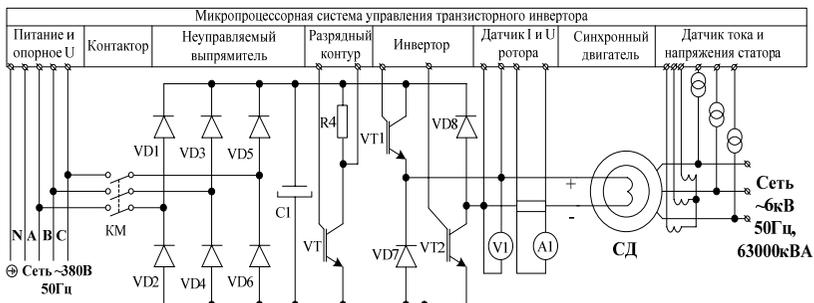


Рис. 2. Силовая и функциональная схема транзисторного преобразователя

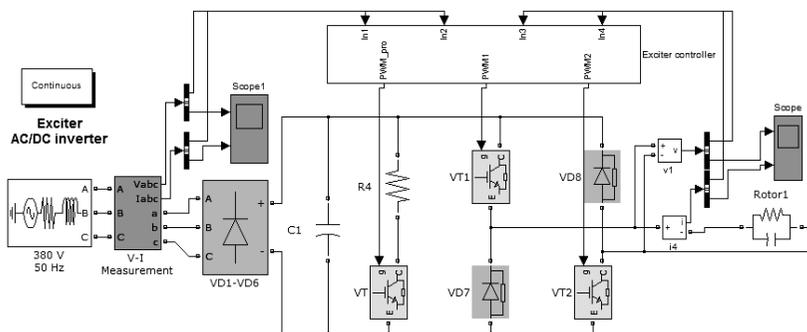


Рис. 3. Модель транзисторного преобразователя на Simulink Matlab

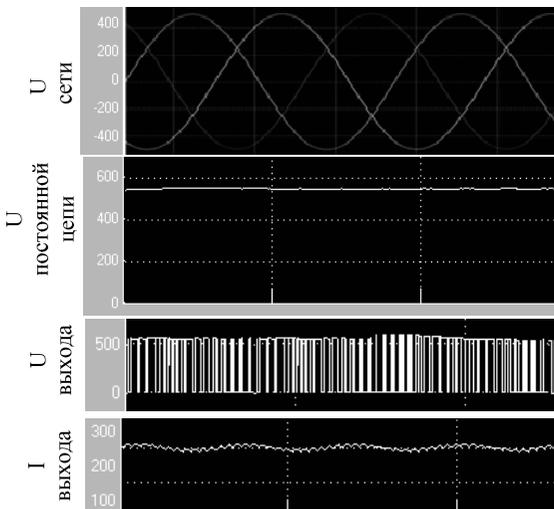


Рис. 4. Характерные временные диаграммы преобразователя

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов А.А., Шрейнер Р.Т. Активные преобразователи в регулируемых электроприводах переменного тока. Новоуральск, 2001.
2. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники. Новосибирск: НГТУ, 2003.
3. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. Т. 2. М., 2006.
4. Коротков В.Ф. Автоматическое управление напряжением и реактивной мощностью синхронных генераторов и электрических станций. М., 2008.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КЛЮЧЕЙ В РЕЗОНАНСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЯ

Н.Н. Горяшин, доцент, к.т.н., А.С. Сидоров, доцент, к.т.н.,

А.А. Соломатова, ст. преподаватель, к.т.н.

г. Красноярск, СибГАУ, каф. САУ, gorkolya@mail.ru

С развитием энергосберегающих технологий и повышением требований к качеству преобразования и передачи электроэнергии, к управлению энергопотоками различных энергосистем (стационарных, автономных и т.д.) возрастает интерес к способам преобразования электроэнергии, позволяющим повысить технико-экономические показатели систем данного типа. Большой класс такого рода преобразователей напряжения (ПН) представляют устройства, использующие резонансные режимы работы импульсных полупроводниковых ключей, что позволяет формировать близкую к гармонической форму тока и напряжения в силовых цепях ПН, а это в свою очередь позволяет снизить динамические потери в полупроводниковых силовых элементах и существенно улучшить электромагнитную совместимость таких ПН с полезной нагрузкой. В данном типе ПН непосредственно коммутирующим элементом остается полупроводниковый ключ, который на практике не является идеальным ключом и может быть построен на основе комбинации биполярного транзистора, IGBT или МДП-транзистора и импульсных $p-n$, $p-i-n$ или Шоттки-диодов.

В свою очередь указанные полупроводниковые приборы имеют ограничения по скорости переключения (т.е. время перехода из состояния «закрыт» в состоянии «открыт» и наоборот), обусловленные различными физическими параметрами. Так, например встроенный в МДП-транзистор обратный $p-n$ -диод, который является технологически неотъемлемым компонентом, имеет большую диффузионную емкость [1]. Данный диод участвует в резонансном цикле преобразователей с переключением при нулевых значениях тока (ПНТ) и полной

волной резонансного цикла [2, 3]. При этом процесс обратного восстановления данного диода связан с динамическими потерями, что в результате существенно снижает эффективность резонансного режима. Пример экспериментальной осциллограммы тока ключевого элемента (КЭ) на основе высоковольтного (600 В) МДП-транзистора, работающего в режиме ПНТ, показан на рис. 1, а. Традиционный способ исключить влияние данного диода предполагает включение параллельно выводам сток–исток диода с барьером Шоттки, исходя из того, что переход Шоттки не имеет диффузионной емкости. Коммерчески доступные диоды с переходом Шоттки на основе кремния имеют максимальное рабочее напряжение не более 250 В.

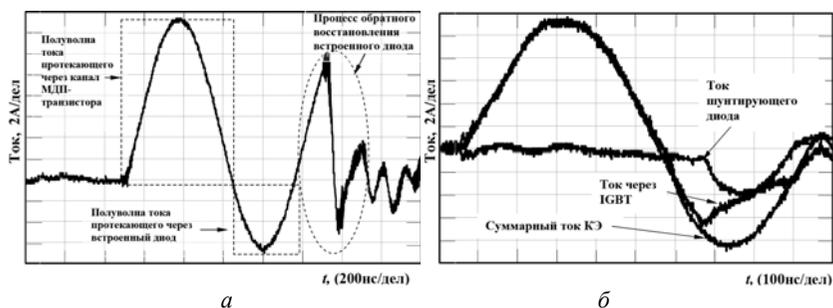


Рис. 1. Сигналы в цепи КЭ на основе МДП-транзистора STW55NM60ND – а; и IGBT IRG40PC40U – б, работающего в квазирезонансном преобразователе напряжения с режимом ПНТ

В последние годы развивается направление высоковольтных приборов на основе широкозонных полупроводников, таких как карбид кремния (SiC) [4]. Частично представленная проблема может решаться за счет использования диодов Шоттки на основе карбида кремния с рабочими напряжениями свыше 1 кВ. Однако переход металл–полупроводник на основе карбида кремния имеет падение напряжения при прямом смещении выше, чем $p-n$ -переход встроенного в МДП-транзистор диода рассчитанного на такое же блокирующее напряжение. Другой тип высоковольтных транзисторных ключей может быть построен на базе биполярного транзистора с изолированным затвором, т.е. IGBT. Одним из недостатков данного прибора является то, что выходной биполярный транзистор в его структуре имеет низкую скорость запираения за счет накопления неосновных носителей заряда в базе. Данный эффект может быть использован при работе КЭ на основе IGBT в режиме ПНТ, как показано на рис. 1, б, где КЭ образован IGBT с параллельно включенным обратным диодом Шоттки на основе карбида кремния.

Здесь показано, что процесс рассасывания заряда происходит в период отрицательной полуволны тока резонансного цикла, при этом часть тока протекает через шунтирующий диод Шоттки. Как видно, на конец цикла не наблюдается выброса тока за счет рассасывания неосновных носителей заряда, что говорит об отсутствии динамических потерь.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментального исследования потерь мощности в высоковольтных транзисторах и диодах в составе КЭ, работающего в цепи резонансного контура.

На рис. 2 показаны кривые потерь мощности на КЭ в зависимости от среднеквадратичного значения тока, протекающего через КЭ при работе в режиме ПНТ в цепи последовательного понижающего квазирезонансного ПН [2], для всех возможных вариантов КЭ с блокирующим напряжением 600 В с частотой преобразования 390 кГц.

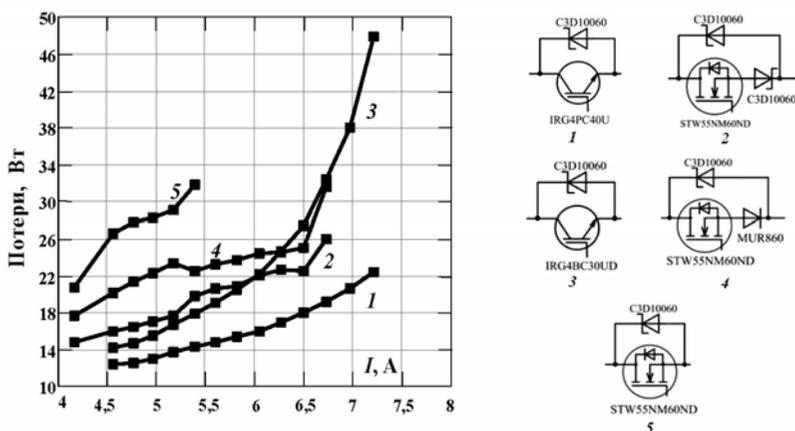


Рис. 2. Экспериментальные кривые потерь ПНТ-преобразователя с полной волной тока резонансного цикла с разными КЭ, показанными справа, полученные при изменении среднеквадратичного значения тока, протекающего через КЭ в течение времени открытого состояния транзистора

По результатам проведенных экспериментов минимальные потери в режиме ПНТ имеет КЭ под номером 1 на рис. 2 на основе IGBT четвертого поколения и карбид-кремниевый диод Шоттки третьего поколения.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.B37.21.1507.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grant D.A. Power MOSFETS: theory and applications / D.A. Grant, J. Gowar. New York: Wiley, 1989. 504 p.

2. Erickson R.W. Fundamentals of Power Electronics. First Edition. New York: Chapman and Hall, 1997. 791 p.

3. Mammano R. Resonant Mode Converter Topologies / R. Mammano. Uni-trode Power Supply Design Seminar SEM600. Topic 1. 1988.

4. Лебедев А. SiC-электроника: прошлое, настоящее, будущее / А. Лебедев, С. Сбруев // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2006. №5. С. 28–41.

МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ МАССИВА МОЩНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

А.И. Кох, аспирант каф. КСУП

*Научный руководитель Ю.А. Шурыгин, ректор ТУСУРа, проф., д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, sanek546@mail.ru*

В настоящее время светодиодное освещение стремительно развивается, в связи с чем появляются светодиодные светильники различных назначений, мощностей и световых характеристик. Но все известные на сегодняшний день светодиодные светильники схожи в одном – в принципе построения. Все они построены по принципу: светоизлучающий модуль (матрица или набор одиночных светодиодов) – теплоотвод – источник питания (драйвер) [1, 2]. Такая схема построения светильника универсальна и проста для конечного потребителя, но в некоторых случаях имеет недостатки. Исходя из опыта разработок ОАО «НИИПП», драйвер, как правило, является самым слабым звеном в составе светильника и выходит из строя намного раньше, чем светоизлучающий модуль. Это умозаключение также относится к драйверам других производителей, как отечественных, так и зарубежных. Ввиду наличия драйвера реальный срок службы светильника становится уже не 100 тыс. ч, как заявлено на световой модуль, а в разы ниже. И если в помещениях с высотой потолков 3–4 м замена драйвера не вызывает особых трудностей, то в больших промышленных цехах, складах с высотой подвеса светильников 20–30 м эта проблема оказывается довольно серьезной. Требуется простая и быстрая замена неисправного драйвера.

В связи с вышесказанным становится актуальным вопрос об увеличении надежности всего светильника. Есть несколько путей решения этой проблемы. Первое – увеличить надежность драйвера. Но это неизбежно приведет к увеличению стоимости светильника и, в конечном счете, сделает его не конкурентоспособным на рынке. Второе – попытаться донельзя упростить схему драйвера, для того чтобы не прибегать к использованию ненадежных электронных компонентов. Такие светильники обычно называют бездрайверными, например све-

товой модуль Acrich производства Seoul Semiconductor [3, 4]. Этот подход, безусловно, повысит надежность и даже снизит стоимость, но появятся такие проблемы, как большие пульсации светового потока и нестабильность тока светового модуля. Эти две проблемы резко ограничивают области применения таких светильников. Третий метод заключается в том, чтобы отделить драйвер от самого светильника и поместить его в удобном для обслуживания месте. Для экономии места, сокращения числа проводов и уменьшения стоимости предлагается организовать питание целой группы светильников одним мощным драйвером.

Особенностью данного метода является обязательное ограничение рабочего тока каждого светильника. С этой задачей справляется линейный регулятор, который будет встраиваться в каждый светильник. Расчет ведется таким образом, чтобы на регуляторе выделялось как можно меньше тепловой мощности, но в то же время ток светового модуля должен быть всегда равным заданному. Поскольку обеспечивается запас по электрическим параметрам и выдерживается температурный режим, то надежность линейного регулятора будет чрезвычайно высокой.

Автором данной статьи был спроектирован и собран макет драйвера с выходной мощностью 550 Вт для питания десяти параллельно включенных потолочных светильников. Так же были собраны линейные ограничители тока для каждого светильника. Драйвер был помещен в стандартный электрощит на высоте человеческого роста для удобства обслуживания. Линейные регуляторы были установлены на стандартные светодиодные светильники типа «Армстронг», выпускаемые ОАО «НИИПП». Данные светильники были установлены и подключены к драйверу 550 Вт. Вся система проходит наработку в лаборатории СМ ОАО «НИИПП» с мая 2012 г. Технические параметры драйвера указаны в таблице.

В связи с успешным началом испытаний подобным образом была спроектирована и успешно установлена схема питания светодиодных светильников на предприятии ОАО «Томское пиво» на трех этажах.

Технические параметры драйвера 550 Вт

Входное напряжение, В	175–265
Выходное напряжение, В	150±1%
Коэффициент пульсаций	0,005
КПД, %, не менее	92
Корректор коэффициента мощности	Да
Гальваническая развязка	Да
Фильтр ЭМП	Да
Крепление на DIN-рейку	Да

Недостатком предложенного метода организации питания светодиодных светильников является повышенная сложность монтажа по отношению к стандартным светильникам, а также тот факт, что при выходе из строя драйвера погаснут сразу все подключенные к нему светильники. Последний недостаток компенсируется тем, что в больших помещениях будет не одна, а несколько групп светильников, и в случае выхода из строя какого-либо драйвера, площадь под неработающими светильниками будет частично освещаться за счет других групп. К тому же удобное месторасположение электрошита с драйвером и возможность быстрой его замены сводит на нет приведенный недостаток. Безусловно, есть помещения, в которых резкая потеря освещенности недопустима, для таких случаев планируется разработка модульной системы питания с работой на общую нагрузку.

Анализируя результаты работы, можно сделать вывод, что подобный метод организации питания будет востребован на крупных промышленных предприятиях с большой высотой подвеса светильников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Светодиодный светильник средней мощности для промышленного освещения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.luxon.su/products/industrial-lighting/plate/>
2. Корпуса для светодиодных светильников [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ylati.ru/korpusa_dlya_svetodiodyx_svetilnikov.html
3. Seoul Semiconductor [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://seoulsemicon.com/en/html/main/>
4. Светодиоды Acrich для работы от сети ~220В [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://microem.ru/produkti/led-komponenti-optoelektronika/svetodiody-seoul-semiconductor/svetodiody-acrich-dlya-raboty-ot-seti-220v/>

ОГРАНИЧЕНИЕ ОДНОСТОРОННЕГО НАСЫЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА ДВУХТАКТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ КРУТИЗНЫ ОПОРНОГО ПИЛООБРАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ШИМ

М.В. Бейков, аспирант, А.В. Королёв, магистр

Научный руководитель Ю.М. Казанцев, д.т.н., проф.

г. Томск, НИ ТПУ, ИНК, azantayl@gmail.com

Одной из важнейших проблем проектирования высоковольтных двухтактных преобразователей напряжения постоянного тока с ШИМ-регулированием является обеспечение симметричного режима перемагничивания сердечника силового трансформатора.

В идеале сердечник трансформатора поочередно перемагничивается разнополярными импульсами входного напряжения с одинаковыми вольт-секундными интервалами. Однако на практике невозможно создать преобразователь, способный обеспечить абсолютную симметричность процесса перемагничивания сердечника. Это объясняется заведомой неидентичностью элементов силовой схемы преобразователя (разное сопротивление транзисторов в открытом и закрытом состояниях, различные времена запаздывания, а также длительность фронтов нарастания и спада тока) [1]. Это приводит к тому, что к первичной обмотке трансформатора в различные периоды перемагничивания прикладываются импульсы напряжения, имеющие различную амплитуду и длительность.

При этом возникает постоянная составляющая тока перемагничивания силового трансформатора, которая может вызвать одностороннее насыщение магнитного материала сердечника трансформатора и привести к следующим нежелательным последствиям [2]:

- возрастанию помех и ухудшению электромагнитной совместимости;
- увеличению потерь и, следовательно, снижению КПД;
- ненормированным броскам тока и как следствие к уменьшению надежности.

Причины режима несимметричного перемагничивания могут быть самые разные, однако все их можно свести к эквивалентной неодинаковости длительностей смежных управляющих импульсов. Следовательно, коррекцию режима перемагничивания трансформатора можно осуществлять изменением скважности управляющих импульсов. На этом принципе основан исследуемый способ ограничения одностороннего насыщения сердечника силового трансформатора.

Предлагаемый способ основан на изменении угла наклона пилообразного напряжения ШИМ-контроллера, что приводит к изменению длительности управляющего импульса и как следствие к выравниванию вольт-секундных интервалов в смежные полупериоды.

Структурная схема предлагаемого авторами способа представлена на рис. 1.

Информация о мгновенных значениях токов в первичной и вторичной обмотках трансформатора снимается с датчиков тока ДТ1 и ДТ2 соответственно, после чего вычисляется разница между током первичной обмотки и приведенным током вторичной обмотки. Полученный сигнал поступает на входы компараторов, которые сравнивают его с опорным напряжением, при превышении которого подается сигнал на коррекцию угла наклона пилообразного напряжения ШИМ-контроллера. Чтобы коррекция производилась в полупериод, который

стремится вызвать магнитное насыщение, этот сигнал синхронизован с управляющими импульсами, поступающими от ШИМ-контроллера на силовые транзисторы преобразователя. В зависимости от сигнала коррекции ключ Кл либо открыт, либо закрыт, тем самым увеличивая или уменьшая крутизну пилообразного напряжения в требуемые моменты времени, за счет изменения зарядного тока времязадающего конденсатора C_t . Изменение угла наклона приводит к изменению длительности управляющих импульсов, благодаря чему происходит коррекция режима перемагничивания сердечника силового трансформатора.

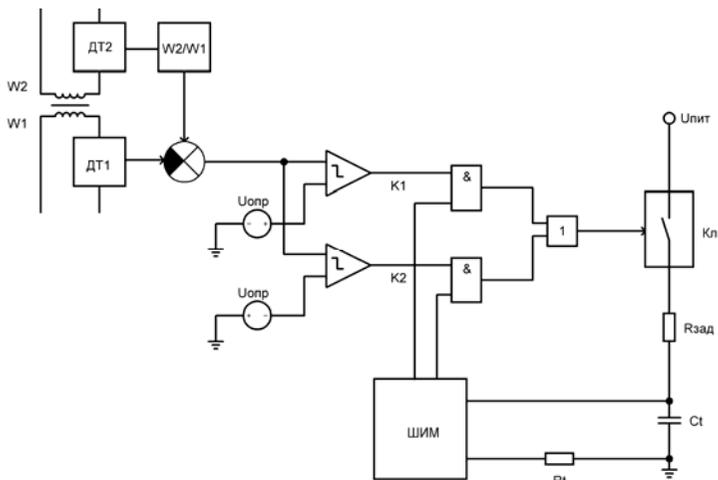


Рис. 1. Структурная схема предлагаемого способа

Предлагаемый способ был промоделирован в пакете программ OrCAD. Результаты моделирования представлены на рис. 2.

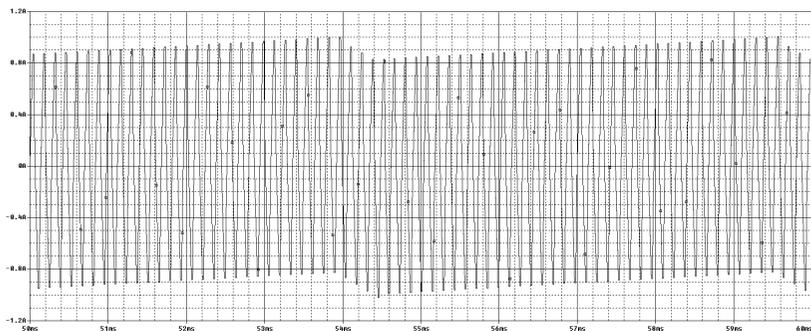


Рис. 2. Ток намагничивания силового трансформатора

Видно, что ток намагничивания ограничивается сверху и снизу на фиксированном уровне, оптимальное значение которого подбирается для каждого конкретного случая индивидуально, т.к. зависит в основном от топологии и компонентов схемы.

Таким образом, изменяя крутизну пилообразного напряжения ШИМ-контроллера, можно добиться практически симметричного режима перемагничивания силового трансформатора высоковольтных двухтактных преобразователей напряжения постоянного тока. Стоит также отметить, что предлагаемый способ работает не только в установившемся режиме, но и при переходных процессах. Данный способ можно реализовать во всех преобразователях, имеющих внешний частото задающий конденсатор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Володин В. Способ контроля одностороннего подмагничивания трансформатора преобразователя напряжения // Силовая электроника. 2009. №20. С. 22–25.

2. Манбеков Д.Р., Шевцов Д.А. Моделирование двухтактного преобразователя с ШИМ-регулированием и контуром симметрирования по вольт-секундному интегралу // Практическая силовая электроника. 2009. №3(36). С. 45–48.

СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Е.В. Загородских, аспирант, М.В. Миненко, студент

*Научный руководитель В.А. Скворцов, доцент, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, minenko_mv@mail.ru*

Электропитание – один из важных аспектов технологических установок – требует решения многих проблем, связанных с преобразованием энергии, поступающей из сети. Питание электротехнических установок осуществляется средствами вторичного электропитания, преобразующими переменное напряжение сети.

При разработке вторичного источника электропитания электротехнической установки основополагающими являются следующие требования:

- стабильность выходного напряжения;
- способность функционирования на холостом ходу;
- защита от короткого замыкания;
- простота схемотехнического решения;
- минимальная стоимость.

Основой современных вторичных источников питания является ВЧ-преобразователь. Существуют различные схемы преобразователей,

каждая из них имеет свои достоинства и недостатки. Применение нерегулируемых преобразователей нежелательно, так как для стабилизации выходного напряжения используются линейные стабилизаторы, КПД которых невысок.

Схемы преобразователей делятся на двухтактные и однотактные. Однотактные преобразователи обладают рядом положительных качеств, в зависимости от типа преобразователя это может быть линейность регулировочной характеристики, возможность использования в режиме источника тока, но при этом установленная мощность силового оборудования вдвое ниже, чем у двухтактных схем.

Среди двухтактных схем можно выделить полумостовую и мостовую схемы. Хотя выходная мощность полумостового инвертора вдвое меньше мостового, т.к. содержит конденсаторный делитель напряжения, она является более оптимальной по уровню напряжения на закрытом ключевом элементе, а также по количеству используемых силовых ключей.

В преобразователях, как правило, применяются два способа регулирования – широтно-импульсный (ШИМ) и двухпозиционный (релейный) способ. Стабилизаторы с ШИМ обладают высоким КПД, фиксированной частотой преобразования, не зависящей от напряжения питания и тока нагрузки, а также незначительной установленной мощностью выходного фильтра.

Недостатком преобразователя с ШИМ-управлением является наличие большого количества элементов, которые требуют собственного источника питания. Эта проблема решается в автоколебательной схеме.

Общая структура автоколебательной схемы источника питания приведена на рис. 1. Напряжение сети выпрямляется входным выпрямителем (В), далее поступает на входной фильтр (Ф), снижающий пульсации напряжения, а затем инвертором (И) преобразуется в напряжение повышенной частоты, которое подается на трансформатор, после чего передается в выходную цепь и выпрямляется с помощью выпрямителя (В), также ещё одна вторичная обмотка запитывает переключающий трансформатор (ПТ), обеспечивающий автоколебательный режим.

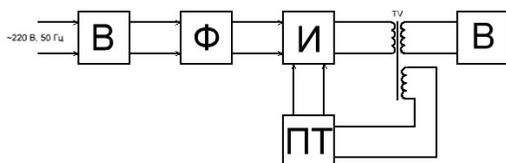


Рис. 1. Структурная схема источника питания

Особенностью данной схемы является отсутствие источника питания собственных нужд. Управление осуществляется за счёт перенапрясающегося трансформатора, обмотки которого подключены к силовому

вым ключам в противотакте. Запуск автоколебательного преобразователя осуществляется коротким импульсом, приходящим на один из ключей инвертора, в результате в обмотках трансформатора начинает протекать ток и схема включается в автоколебательный режим. Частота переключения транзисторов зависит от времени насыщения сердечника.

Автоколебательный преобразователь не может регулироваться на частоте преобразователя. Эта ситуация может разрешиться при организации низкочастотного ШИМ-регулирования. Данный метод заключается в размыкании ПОС в цепи управления.

Схема управления НЧ ШИМ-регулирования включает в себя датчик напряжения, источник опорного напряжения, устройство сравнения и управляющее устройство.

Линейно изменяющееся напряжение сравнивается с эталонным уровнем с помощью компаратора; полученный в результате сравнения сигнал поступает на вход управляющего устройства, в качестве которого выступает транзистор, закорачивающий обмотку переключающего трансформатора. Во время короткого замыкания энергия, запасённая в обмотке, сохраняется, и при её размыкании генерация продолжается. Срабатывание стабилизирующего элемента будет тем эффективнее, чем выше уровень напряжения на закорачиваемой обмотке.

Энергия, запасённая в обмотке, будет уменьшаться в зависимости от её сопротивления, поэтому время закороченного состояния ограничено.

Сравнивая источник питания, основанный на ШИМ-управлении и НЧ ШИМ, можно выделить следующие преимущества последнего способа:

- нет необходимости в организации дополнительного источника питания собственных нужд для системы управления;
- высокий КПД устройства;
- высокая эффективность стабилизации выходного напряжения;
- низкая стоимость;
- малые габариты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Китаев В.Е. Расчет источников электропитания устройств связи: учеб. пособие для вузов / В.Е. Китаев, А.А. Бокуняев, М.Ф. Колканов / Под ред. А.А. Бокуняева. М.: Радио и связь, 1993. 232 с.
2. Моин В.С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. М.: Энергоатомиздат, 1986. 376 с.
3. Найвельт Г.С. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: справочник / Г.С. Найвельт, К.Б. Мазель, Ч.И. Хусаинов и др.; под ред. Г.С. Найвельта. М.: Радио и связь, 1985. 576 с.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДРОССЕЛЕЙ НАСЫЩЕНИЯ И МАГНИТНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Д.Б. Бородин, студент, Р.Г. Калинин, аспирант

Научные руководители: В.Д. Семёнов, проф., зам. зав. каф. по НР, к.т.н.,

В.А. Федотов, зав. лабораторией ГПО

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, borodindanila@mail.ru

Проект ГПО ПрЭ-0732 – «Источник питания

инверторного типа для ручной электродуговой сварки»

Данная работа является развитием публикации [1], где описан принцип работы лабораторного стенда для исследования параметров дросселей насыщения и магнитных усилителей и предложена его функциональная схема. Стенд должен обеспечивать изменение и измерение тока рабочей обмотки, тока обмотки управления для построения регулировочных характеристик. Схема лабораторного стенда представлена на рис. 1.

Исходя из критериев электробезопасности [2], выбираем входное напряжение стенда не более 50 В. Для обеспечения заданного напряжения на входе лабораторного стенда ставится трансформатор понижающего типа (TV1) 220/34 В. Напряжение первичной стороны TV1 регулируется лабораторным автотрансформатором.

Для контроля уровня входного напряжения перед блоком высокочастотного преобразователя (И) установлен вольтметр V1. Амперметр и вольтметр (A1, V2) служат для измерения тока и напряжения обмотки управления. Приборы A2, V2 регистрируют ток и напряжение на нагрузке.

Рабочая частота дросселя насыщения задается посредством микроконтроллерной системы (МК).

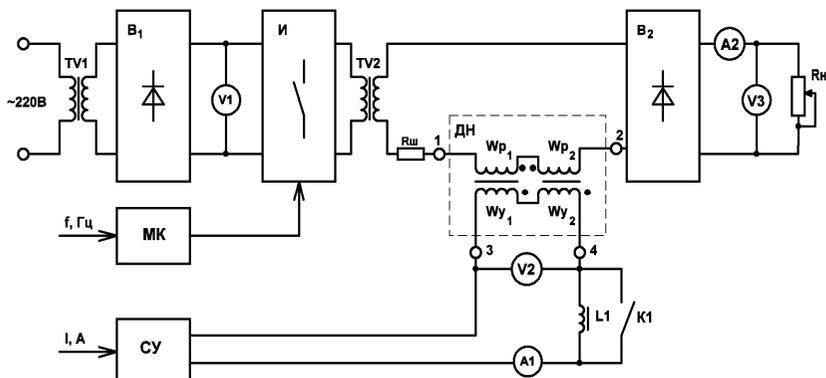


Рис. 1. Мнемосхема стенда

Блок дросселя насыщения (ДН) разрабатывается таким образом, чтобы его можно было заменить на ДН с другими параметрами. Подключение осуществляется через клеммы 1–4.

Для реализации двухрежимной работы стенда (свободное и вынужденное подмагничивание) устанавливается механический переключатель (К1), который позволяет подключать и отключать дроссель L1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев В.С. Лабораторный стенд для исследования дросселей насыщения и магнитных усилителей // Итоги научно-исследовательских работ и курсового проектирования студентов 1–6 курсов кафедры промышленной электроники : матер. ежегод. науч.-практ. конф. / Под ред. канд. техн. наук В.Д. Семенова. Вып. 3. Томск : Том. гос. ун-т систем упр. и радиозлектроники, 2010. С. 29–33.

2. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

ПРОТОКОЛ СВЯЗИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ПО ИНТЕРФЕЙСУ SPI С ПОДДЕРЖКОЙ ВНЕШНИХ УСТРОЙСТВ В АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ

А.П. Бушуева, студентка,

А.В. Литвинов, А.Ю. Хуторной, В.Н. Чаев, аспиранты

Научные руководители: В.Д. Семёнов, проф., к.т.н.;

Д.О. Пахмурин, ст. преподаватель, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ

Проект ГПО-0901

Аппаратно-программный комплекс для реализации метода локальной гипертермии применяется в медицинских целях, является устройством на основе управляемых электронных игольчатых нагревателей [1]. Он осуществляет независимую стабилизацию температуры на каждом нагревателе и обеспечивает равномерное распределение температуры в локальной области живой ткани [2]. В процессе работы над устройством возникла необходимость создать его на основе микропроцессорной системы с модульной структурой. Микропроцессорная система должна предусматривать два режима работы: «Нагрев» и «Калибровка». Главный модуль управления устройством (МУУ) должен заниматься организацией работы всего устройства и выводить информацию на ЖК-дисплей панели управления, а также предусматривать работу в режиме управления от персонального компьютера, где вся информация и управление будут поручены ПК. Подчиненный модуль

стабилизации температуры (МСТ) должен исполнять команды и вносимые изменения от МУУ в режим работы, сигнализировать об ошибках и аварийных режимах работы, осуществлять калибровку нагревательных элементов с вычислением их зависимости (сигнала обратной связи от температуры) через две характерные точки. Для передачи данных между модулями и в самих модулях были выбраны микроконтроллеры (МК) серии STM32, имеющие подходящие характеристики для применения.

Целью статьи является описание организации передачи данных между микроконтроллерами в модулях по интерфейсу SPI, который в данных контроллерах может быть реализован как на программном, так и аппаратном уровне. Микроконтроллеры могут быть запрограммированы для работы по интерфейсу SPI, как в качестве ведущего, так и ведомого [3].

Простейшая схема подключения микроконтроллеров при использовании интерфейса SPI с одним ведущим и одним подчиненным устройством приведена на рис. 1.

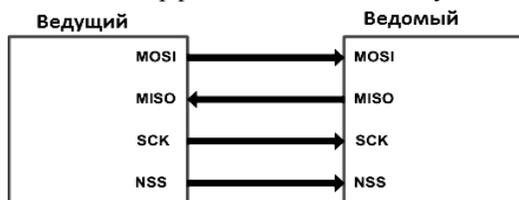


Рис. 1. Схема подключения двух микроконтроллеров

В STM32 аппаратный модуль SPI может оперировать с данными размерностью 8 или 16 бит и иметь различные настройки по передаче данных. Но данная периферия микроконтроллеров нам не подходит, так как в МСТ должны использоваться внешние устройства ЦАП и АЦП, которые передают данные по 12 бит. Поэтому нами был реализован программный SPI интерфейс и предложен собственный протокол передачи данных.

На рис. 2 приведены временные диаграммы протокола приема / передачи данных по интерфейсу SPI.

Передача данных осуществляется посредством линий MOSI и MISO и идет от ведущего микроконтроллера ведомому, выполняется по следующей последовательности действий:

1. Ведущий МК выставляет на канал NSS низкий уровень для того, чтобы ведомый знал о начале приема/передачи данных.
2. Во время передачи данных ведущее устройство формирует перепады на выводах сигнала синхронизации SCK, используется подчиненным устройством для запоминания очередного бита. Одновременно с этим ведущий МК выдает на канал MOSI 12 бит данных (слово,

которое является командой). В нашем случае 0x0F1 (бинарный код числа 241).

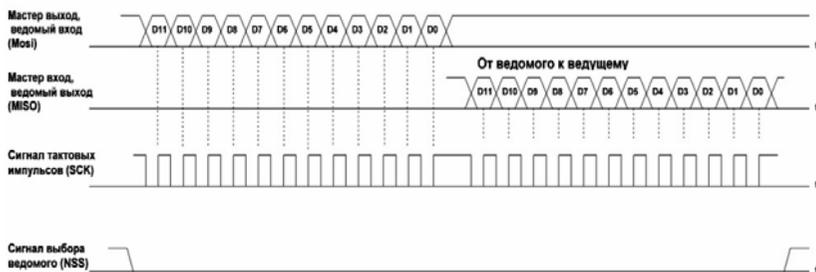


Рис. 2. Временные диаграммы, поясняющие принцип действия SPI интерфейса

3. Ведомый МК согласно синхронизации SCK считывает данные с канала MOSI и в соответствии с принятым кодом команды выполняет необходимые действия (в данном случае реакцией на команду 0x0F1 является выдача значений с АЦП на данные по SPI).

4. После команды 0x0F1 ведущий МК посылает еще 12 бит данных (пустое слово 0x000), чтобы произошла передача данных от ведомого. По результату верного выполнения этих команд ведомый МК передает данные с АЦП ведущему по линии MISO.

5. После обмена данными ведущий МК формирует 1 период ШИМ сигнала на светодиод, подключенный к ножке порта PC8. Далее программа повторяется.

Взаимодействие микроконтроллеров STM32 по интерфейсу SPI было проверено на макетной плате, содержащей два микроконтроллера, с рассмотренным протоколом передачи данных. Этот протокол предполагается использовать в аппаратно-программном комплексе с модульной структурой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 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; заяв. 14.07.2008; опубл. 10.12.2008. Бюл. № 34.

2. Итоги научно-исследовательских работ и курсового проектирования студентов 1–4 курсов кафедры промышленной электроники: матер. ежегодной науч.-практ. конф. / В.Д. Семенов, А.Ю. Хуторной, В.Н. Учаев и др. Томск, 2009.

3. STM32. Интерфейс SPI [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://chipspace.ru/stm32-spi>, свободный.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ

Н.П. Винтоняк, студент каф. ПрЭ

Научные руководители: В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО,

В.Д. Семенов, проф., зам. зав. каф. ПрЭ по НР, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, nic-nic91@yandex.ru

Проект ГПО-0732

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, однако расчет этого влияния на работоспособность РЭА представляет собой сложную и трудоемкую задачу и обычно проводится на этапе экспериментальных испытаний макета или опытного образца. На этом этапе необходим такой прибор, который может изменять и стабилизировать температуру на каждом элементе РЭА индивидуально.

На кафедре промышленной электроники ТУСУРа в лаборатории ГПО было разработано устройство для тепловых экспериментов радиоэлементов, функциональная схема которого приведена на рис. 1.

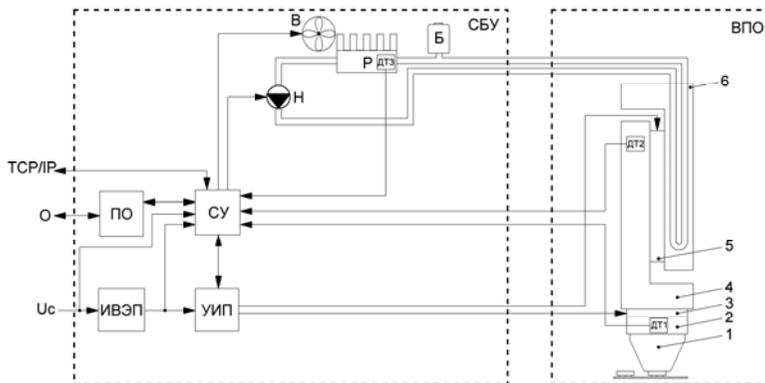


Рис. 1. Схема функциональная устройства для охлаждения элементов РЭА на плате

Устройство состоит из двух основных частей стационарного блока управления (СБУ) и выносного портативного охладителя (ВПО), соединенных между собой гибким шлангом для подачи охлаждающей жидкости, силовым кабелем для питания элементов Пельтье и кабелем для снятия сигналов с датчиков температуры.

В свою очередь СБУ состоит из источника вторичного электропитания (ИВЭП), системы управления (СУ), управляемого источника питания (УИП), панели оператора (ПО), насоса охлаждающей жидкости (Н), радиатора (Р), вентилятора принудительного охлаждения радиатора (В), расширительного бака (Б) и датчика температуры ДТЗ.

ВПО включает в себя рабочий инструмент (охлаждающую насадку) жало (1), устанавливаемое на охлаждаемый элемент, теплообменник жала (2), первый элемент Пельтье (3), первый теплообменник (4), второй элемент Пельтье (5), второй теплообменник с каналом протекания охлаждающей жидкости (6), датчики температуры ДТ1–ДТ2.

СУ построена на промышленном контроллере I-8431 компании ICP-DAS. Она содержит 4 разъёма для модулей ввода-вывода, конфигурация которых зависит от особенностей используемых интерфейсов, которые могут работать с цифровыми и аналоговыми сигналами [2]. Для коммутации мощной нагрузки производителем предусмотрены силовые модули. Структурная схема программного обеспечения I-8431, разработанная по методике [1], представлена на рис. 2. Её можно разделить на две части: нижний уровень (НУ), на котором реализована работа с аппаратной частью, и верхний уровень (ВУ), на котором реализован алгоритм работы устройства. Драйверы DIO и DTPD обеспечивают доступы к соответствующим блокам нижнего уровня.

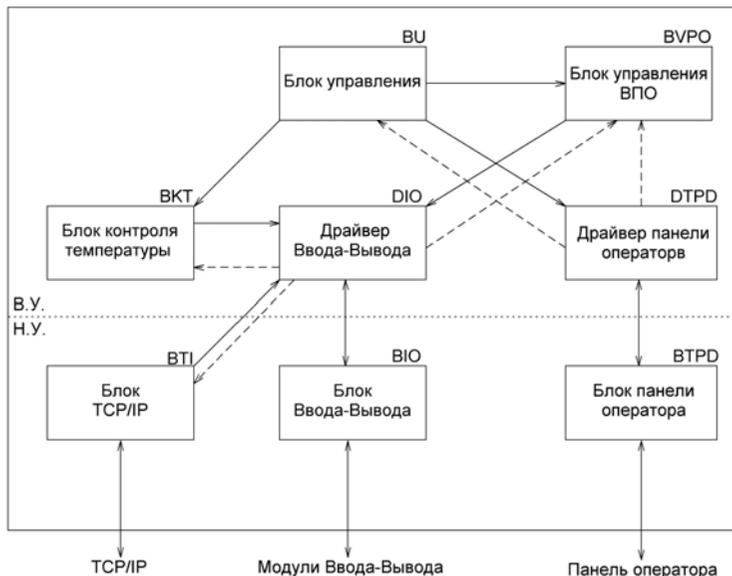


Рис. 2. Структурная схема программного обеспечения промышленного контроллера I-8431

Блок управления (BU) реализует логику работы установки, запуск и остановку.

Блок контроля температуры (ВКТ) управляет насосом и вентилятором принудительного охлаждения радиатора в зависимости от показаний датчиков ДТ2 и ДТ3. Включение насоса производится при выходе температуры первого теплообменника из заданного диапазона. Включение принудительного охлаждения радиатора производится также при выходе температуры радиатора из заданного диапазона.

Блок управления ВПО (BVPO) реализует алгоритм стабилизации температуры жала, путем построения цифрового регулятора, в качестве сигнала обратной связи которого используются показания датчика ДТ1. BVPO управляет УИП.

В настоящее время производится тестовый запуск установки, отладка алгоритмов установки и подготовка к лабораторным испытаниям. В ходе лабораторных испытаний будет проведена отладка алгоритмов управления и получены экспериментальные динамические характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винтоняк Н.П., Федотов В.А., Семенов В.Д. Источник питания устройства тепловых экспресс-испытаний радиоэлементов с микропроцессорной системой управления // Итоги науч.-иссл. работ курсового проектирования студентов 1–6 курсов каф. промышленной электроники: матер. ежегод. науч.-практ. конф. / По ред. В.Д. Семенова. Вып. 6. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. С. 6–22.
2. 8431, 8000, 8000, программируемые контроллеры, каталог продукции, главная [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.icpdas.ru/good/show/17562/17571/>, свободный (дата обращения: 17.12.12).

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ДРОССЕЛЕЙ

Д.Р. Гаязов, магистрант каф. ПрЭ

Научные руководители: В.Д. Семенов, проф. каф. ПрЭ, к.т.н.,

В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО

г. Томск, ТУСУР, fva@vipelec.ru

Трансформаторы и дроссели – это одни из самых распространённых элементов в электротехнике. На сегодняшний день промышленностью всех стран выпускается большое количество разнообразных типов трансформаторов и дросселей, отличающихся мощностью, частотными диапазонами работы, рабочими напряжениями, количеством выводов, количеством фаз, габаритами, КПД и т.д. Практически ни

одно устройство в электронике не выпускается без трансформатора или дросселя.

Несмотря на такую высокую потребность в данных элементах, массовое производство освоено только для трансформаторов и дросселей, работающих в низкочастотном диапазоне 50 и 400 Гц, и дросселей малой мощности для высоких частот. Это связано с большим разнообразием параметров, предъявляемых потребителем к трансформатору, поэтому фирмам, применяющим в своих изделиях высокочастотные трансформаторы, приходится заниматься их производством самостоятельно или заказывать под конкретные требования.

Даже при достаточно больших сериях производства автоматизация изготовления высокочастотных трансформаторов труднодостижима, поэтому при производстве применяется ручной труд. Это связано с большим технологическим циклом производства и конструктивными особенностями точных элементов. В процессе производства брак изделия может возникать в связи с отклонением от разработанной технологии, несоответствующего качества применяемых материалов или человеческого фактора. Бракованный трансформатор, установленный в изделие, зачастую приводит к его фатальной поломке. Поиск неисправности высокочастотного трансформатора в схеме трудоемок. Поэтому в производстве применяют поэлементный контроль качества высокочастотного трансформатора. При этом в ответственных изделиях трансформатор маркируют и к сопроводительным документам прикладывают паспорт изделия.

Параметры, которые необходимо контролировать, зависят от назначения изделия. Чаще всего ими являются: коэффициент трансформации, правильность распайки выводов (начало, конец), индуктивность намагничивания, индуктивность рассеивания, активное сопротивление обмоток и их собственные емкости, проходная межобмоточная емкость, сопротивление изоляции, напряжение гальванической развязки. Чтобы проверить все указанные параметры, необходим целый перечень оборудования, входящего в измерительный стенд.

Проведенный обзор испытательных стендов показал, что на сегодняшний день серийно выпускаются стенды только для низкочастотных (50 или 400 Гц) трансформаторов [1]. Для высокочастотных трансформаторов испытательных стендов на рынке не представлено, поэтому фирмам, изготовителям высокочастотных трансформаторов, приходится разрабатывать подобные стенды самостоятельно. Поэтому эта продукция, на наш взгляд, будет востребована на рынке.

Испытательный стенд высокочастотных магнитных элементов для проведения экспресс-испытаний в серийном производстве трансформаторов должен включать в себя:

– быстроустановочный фиксатор стандартных каркасов, позволяющий оперативно устанавливатьмоточный элемент, обеспечивать надежный электрический контакт с выводами каркасамоточного изделия и обеспечивать минимальные вносимые погрешности в процесс измерения электрических параметров;

– серийно производимый, прецизионный RLC-измеритель, имеющий стандартный цифровой интерфейс управления;

– блок управления испытательным стендом;

– аналоговый коммутатор, позволяющий подключить все выводымоточного изделия к RLC-измерителю и блоку управления;

– персональная ЭВМ со специализированным программным обеспечением, обеспечивающим удобный пользовательский интерфейс и запись измеренных параметров в БД и распечатку паспорта изделия, включающего в себя результаты испытания.

Структурная схема предлагаемого измерительного комплекса представлена на рис. 1. Быстроустановочный фиксатор каркасов вынесен в отдельный блок и должен быть выполнен конструктивно независимым от остальных составных частей стенда, это позволит использовать в составе одного комплекса несколько типов фиксаторов, предназначенных для конкретной конструкции каркаса трансформатора. В конструкции фиксатора необходимо учесть, что прецизионные RLC измерители выполнены по четырехпроводной схеме измерения, поэтому каждый контакт каркаса трансформатора должен быть подключен двумя контактами к аналоговому коммутатору.

Патентный поиск по ресурсам федерального Института промышленной собственности не выявил ни одной конструкции с двумя отдельными контактирующими площадками к каждому контакту ответ-

ной части. Но за основу конструкции быстроустановочного фиксатора можно было бы взять конструкцию, предложенную в [2]. Поэтому была предложена собственная конструкция фиксатора, показанная на рис. 2.

На рис. 2 приведен сборочный чертеж быстроустановочного фиксатора для каркасов



Рис. 1. Структурная схема испытательного стендамоточных изделий

сердечников типа ЕТD39. Фиксатор выполнен в виде розетки и состоит из основания 1, на котором размещены вертикально два набора контактов, состоящих из ползуна 5, изолятора 9, крепления контактных пружин 2 и шестнадцати контактных пружин 6. Ползун 5 приводится в движение эксцентриком 9, зафиксированным на валу рычага 10. Возвратное движение ползуна 5 осуществляется за счет контактных пружин 6, после поворота рычага 10 в положение съема или установки моточного изделия.

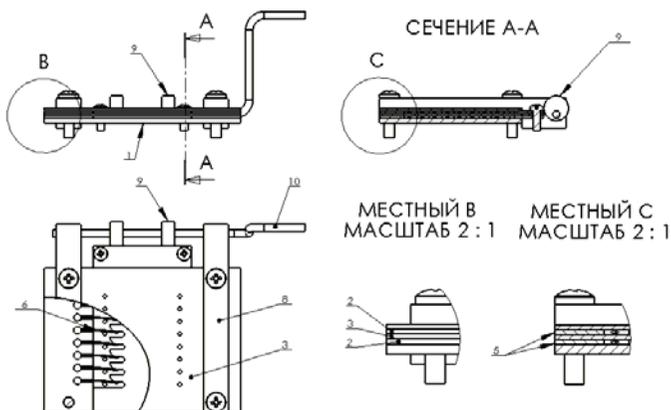


Рис. 2. Конструкция быстроустановочного фиксатора

ЛИТЕРАТУРА

1. Измеритель параметров трансформаторов. Коэффициент: руководство по эксплуатации. РУКЮ 411212.015 РЭ. 30 с.
2. Пат. 2343607 РФ, МПК Н01R13/62, Н01R13/11. Штепсельный разъем / Ю.И. Донецких, заявлено 17.08.2007.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА МЕДНЫЙ ПРОВОДНИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА COMSOL MULTIPHYSICS

Р.Г. Калинин, аспирант каф. ПрЭ,

В.А. Федотов, зав. лабораторией ГПО

*Научный руководитель В.Д. Семенов, проф., зам. зав. каф. ПрЭ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, rokali@mail.ru*

По показателям глубины нагрева, КПД, габаритам и т.д. индукционный нагрев является одним из наиболее результативных способов нагрева проволоки [1].

При сравнении видов индукторов самым лучшим вариантом, с точки зрения эффективности, служит соленоид. Благодаря конструктивным особенностям соленоид позволяет концентрировать однородный магнитный поток в центре [2]. Но конструкция соленоида является и его слабым местом при нагреве тонких проводов. Согласно [3] нужно выдерживать необходимое расстояние между нагреваемым объектом и внутренним контуром индуктора. В связи с этим изготовить индуктор для нагрева проводов малых диаметров на сегодняшний день, не представляется возможным. В таком случае необходимо применять индуктор с концентратором из материала с высокой магнитной проницаемостью. В отличие от предыдущей конструкции, в зазоре концентратора создается поперечное, по отношению к нагреваемому объекту, магнитное поле.

Для разработки и конструирования оптимального концентратора необходимо провести исследования влияния поперечного магнитного поля на нагрев проволоки, влияния геометрии магнитопровода и оценить влияние расположения обмоток на процесс нагрева.

В данной статье проведено исследование влияния продольного и поперечного магнитного поля на нагрев проволоки при изменении частоты и индукции магнитного поля.

Математическая модель построена в программном пакете COMSOL Multiphysics с использованием AC/DC модуля. По результатам, полученным в эксперименте, построены графики зависимостей тепловых потерь от частоты и индукции поля (рис. 1).

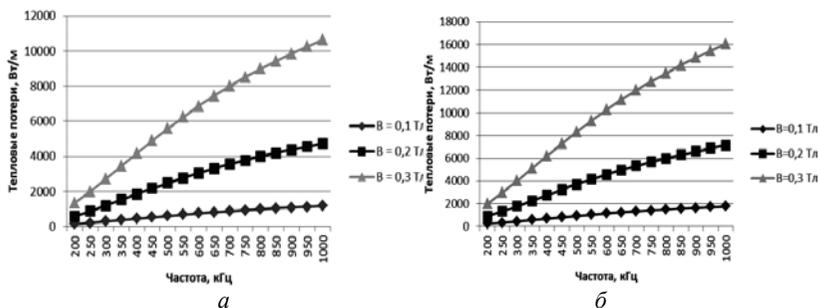


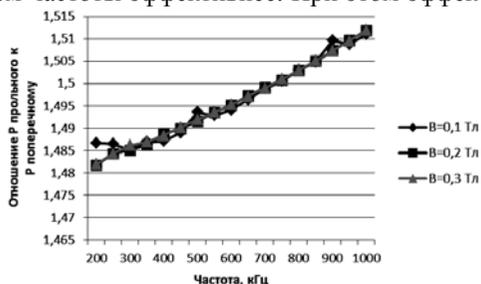
Рис. 1. Зависимости тепловых потерь от частоты и индукции:
 а – поперечного магнитного поля для провода диаметром 0,3 мм;
 б – продольного магнитного поля для провода диаметром 0,3 мм

Суть эксперимента «среда–проводник» заключается в следующем: создается однородное магнитное поле с продольным или поперечным направлением потока, по отношению к располагаемому объекту, с параметрами индукции (B) и частоты (f). В «среде» помещается цилиндриче-

ский объект диаметра d с параметрами исследуемого материала, в данном случае меди ($m = 1$ – магнитная проницаемость, $\text{sig} = 55,86 \text{ см/м}$ – электрическая проводимость). На заданной индукции магнитного поля проводятся измерения тепловых потерь в медном проводнике при изменении частоты поля. Время нагрева проводника не влияет на результаты измерений и задается равным 1 с.

На рис. 2 представлено отношение тепловых потерь в продольном магнитном поле к тепловым потерям в поперечном магнитном поле, из которого следует, что использование продольного поля для индукционного нагрева с увеличением частоты эффективнее. При этом эффективность возрастает с увеличением частоты.

Рис. 2. Отношение тепловых потерь в продольном магнитном поле к тепловым потерям в поперечном магнитном поле



В [4] дано выражение для расчета тепловых потерь на единицу поверхности как функция от частоты (на высоких частотах). Для определения адекватности модели сравним экспериментальные зависимости с расчетными. На рис. 3, *a* видно, что в диапазоне до 1 МГц полученные зависимости имеют некоторое расхождение, но при увеличении частоты кривые совпадают (рис. 3, *б*).

Некоторое расхождение результатов моделирования объясняется размером сетки. Уменьшение ячейки сетки ведет к повышению точности измерений. В целом результаты модели являются приемлемыми для дальнейшего исследования.

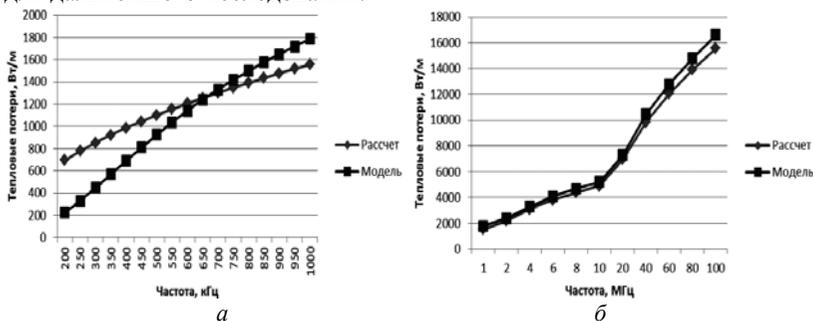


Рис. 3. Сравнение теоретических и экспериментальных данных: *a* – в диапазоне 200 кГц – 1 МГц; *б* – в диапазоне 1–100 МГц

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильямс Д.Дж., Траверс Г.Дж. Основные принципы подбора источников питания для индукционного нагрева стержней и проволоки // Силовая электроника. 2007. № 3. С. 100–105.
2. Калашников С.Г. Электричество / С.Г. Калашников. М. : Физматлит, 2003. 624 с.
3. Слухоцкий А.Е. Индукторы для индукционного нагрева / А.Е. Слухоцкий, С.Е. Рыскин. Л.: Ленингр. отд. Энергия, 1974. 265 с.
4. Гудэ Ж. Промышленная электроника. М.: Государственное энергетическое изд-во, 1960. 468 с.

ИСТОЧНИК АСИММЕТРИЧНОГО ТОКА ИЛИ НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

О.В. Клакович, магистрант, С.С. Тюнин, студент,

А.В. Храмцов, электроник

Научный руководитель В.Д. Семенов, проф. каф. ПрЭ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, Klakovich89@gmail.com,

Tun89@sibmail.com, hav@ie.tusur.ru

При проведении исследований в области электрохимии ученые в основном оперируют величиной переносимого заряда, не оговаривая форму выходного сигнала [1–3]. Вопрос влияния формы тока или напряжения на электрохимические процессы до сих пор не изучен, поэтому существует потребность в лабораторных источниках, способных обеспечить асимметричные сигналы различной формы.

Практически все существующие на сегодняшний день источники тока, предназначенные для лабораторных исследований электрохимических процессов на нестационарных асимметричных токах, формируют выходной ток или напряжение синусоидальной формы [4, 5].

В данной статье рассмотрена функциональная схема источника асимметричного тока или напряжения, способного формировать прямоугольный или синусоидальный сигнал на выходе с возможностью независимого регулирования амплитуды положительной и отрицательной полуволн, частоты выходного сигнала и стабилизацией уровня выходного тока или напряжения в зависимости от режима работы источника.

На рис. 1 приведена функциональная схема источника асимметричного тока или напряжения на основе непосредственных преобразователей.

На приведенном рис. 1 стабилизаторами и регуляторами тока или напряжения выступают непосредственные преобразователи, образованные транзистором VT3, дросселем L1, диодом VD1 и транзистором

VT4, дросселем L2, диодом VD2 соответственно. Задачей этих преобразователей является стабилизация тока или напряжения на нагрузке и регулирование уровня тока или напряжения в соответствии с режимом работы. При этом режим работы задается с помощью системы управления, в которой предусмотрен вход «P», задающий режим работы источника – стабилизация выходного тока или напряжения и форму выходного сигнала – прямоугольная или синусоидальная.



Рис. 1. Функциональная схема источника асимметричного тока или напряжения на основе непосредственных преобразователей

Обратная связь, в зависимости от режима работы, обеспечивается с помощью датчиков тока ДТ1, ДТ2 и датчиков напряжения ДН1, ДН2. При этом датчик тока ДТ1 и датчик напряжения ДН1 осуществляют обратную связь для положительной полуволны выходного сигнала, а датчик тока ДТ2 и датчик напряжения ДН2 осуществляют обратную связь для отрицательной полуволны выходного сигнала. Частоту выходного сигнала определяют транзисторы VT1 и VT2. Схема работает следующим образом: в режиме источника тока формирование положительной полуволны (ее амплитуды и формы) осуществляется с помощью транзисторов VT3 и VT2, при этом транзистор VT3 работает в режиме стабилизации тока, а транзистор VT2 определяет время протекания положительной полуволны; формирование отрицательной полуволны осуществляется аналогично, с помощью транзисторов VT4 и VT1, при этом транзистор VT4 работает в режиме стабилизации тока, а транзистор VT1 определяет время протекания отрицательной полуволны.

Для выбора режима работы и задания параметров выходного сигнала система управления содержит соответствующие входы: «P» – вход задания режима работы источника, «A+» – задание амплитуды положительной полуволны, «A-» – задание амплитуды отрицательной полуволны, «f» – задание частоты выходного сигнала. Диаграммы работы ключей и принцип формирования выходного тока приведены на рис. 2 (а – формирование прямоугольного тока, б – формирование синусоидального тока).

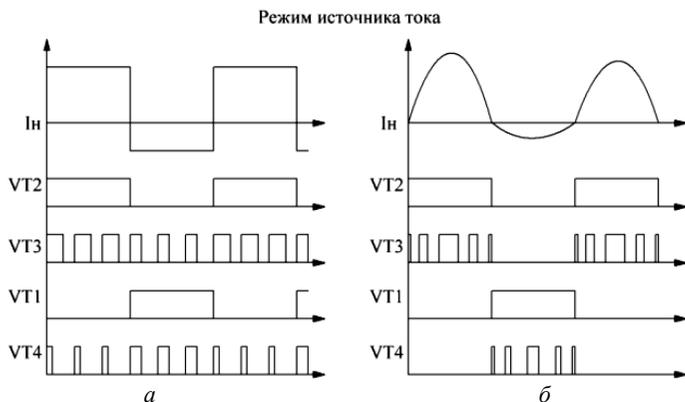


Рис. 2. Диаграммы работы ключей и принцип формирования выходного тока

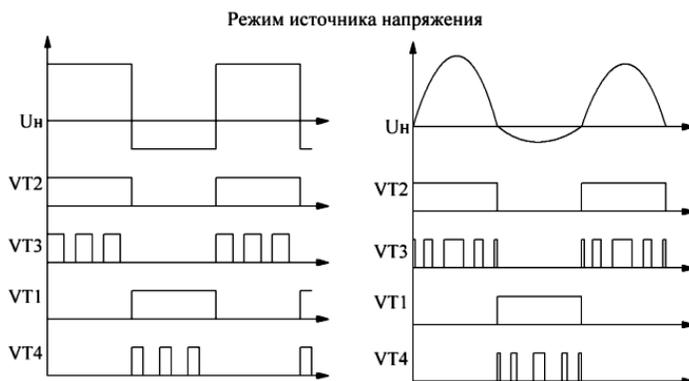


Рис. 3. Диаграммы работы ключей и принцип формирования выходного напряжения

Диаграммы работы ключей и принцип формирования выходного напряжения приведены на рис. 3 (*а* – формирование прямоугольного напряжения, *б* – формирование синусоидального напряжения).

Предложенная схема источника тока или напряжения обеспечивает формирование асимметричного тока или напряжения прямоугольной и синусоидальной формы в зависимости от режима работы. При этом имеется возможность независимого регулирования амплитуды положительной и отрицательной полуволн и частоты выходного сигнала.

К достоинствам схемы следует отнести сравнительную простоту реализации, малые фронты нарастания и спада сигнала, при формировании прямоугольного тока или напряжения за счет неизменности направления протекания тока в дросселях $L1$ и $L2$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ на изобретение №2455052, опубл. 10.07.2012.
2. Секушин Н.А. Эквивалентная схема импеданса Варбурга // *Электрохимия*. 2009. Т. 45, №7. С. 889–894.
3. Пасько О.А. Активированные жидкости, электромагнитные поля и фликкер-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.
4. Маканков К.В. Обзор трансформаторных формирователей асимметричного синусоидального напряжения / К.В. Маканков, Ю.С. Новокшенов, В.Д. Семенов // *Научная сессия ТУСУР–2007: матер. докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых*. В 5 ч. Ч. 4. Томск, 2007. С. 66–69.
5. Демченко Д.Ю. Ячейка-формирователь асимметричного квазисинусоидального тока / Д.Ю. Демченко, О.В. Клакович, В.Д. Семенов и др. *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.

КОМБИНИРОВАННЫЙ ДВУХТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ОБРАТНЫМ КЛЮЧОМ В РЕЖИМЕ СБРОСА НАКОПЛЕННОЙ ЭНЕРГИИ

*П.С. Косолапов, студент, И.К. Идрисов, инженер,
В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО СМУ*

*Научный руководитель В.Д. Семенов, проф. каф. ПрЭ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, 86stone@bk.ru*

*Проект ГПО Прэ-0732 – «Источник питания инверторного типа
для ручной электродуговой сварки»*

Комбинированный двухтрансформаторный преобразователь с обратным ключом (КДП с ОК) [1] может быть использован в источниках питания сварочной дуги и электровакуумных дугowych источниках питания, особенно при сварке короткой электрической дугой, когда требуется высокое напряжение на дуге во время поджига дугового разряда. Для реализации требуемых режимов работы применяется источник питания, схема которого представлена на рис. 1.

В одном из режимов накопленный в трансформаторах дросселях TV_1 и TV_2 ток через диод VD_5 заряжает накопительный конденсатор C_5 , напряжение на котором увеличивается. Если напряжение на накопительном конденсаторе превышает заданное значение, то конденсатор необходимо разрядить, осуществив на нем стабилизацию напряжения. Для этого в КДП с ОК реализован режим сброса накопленной энергии в основной источник питания, непосредственным преобразователем напряжения инвертирующего типа.

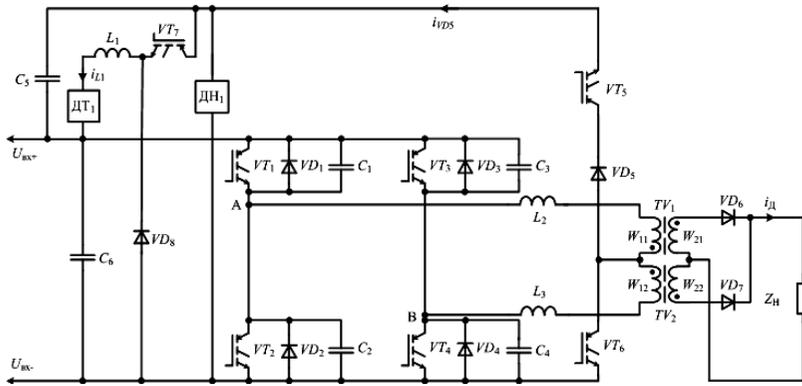


Рис. 1. Общая схема КДП с ОК

В данной статье представлены результаты исследований КДП с ОК в рассматриваемом режиме работы на основе математической модели его эквивалентной схемы, а также проведен расчет основных параметров экспериментального образца. На рис. 2 приведена эквивалентная схема преобразователя в режиме сброса накопленной энергии из накопительного конденсатора C_5 .

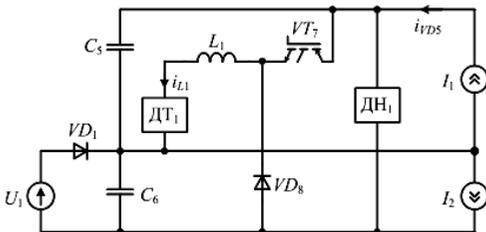


Рис. 2. Эквивалентная схема КДП с ОК в режиме сброса накопленной энергии из накопительного конденсатора C_5

Основным источником питания является трехфазная сеть с выпрямителем по схеме Ларионова, который представляется в виде источника постоянного напряжения U_1 с последовательно включенным диодом VD_1 . Источник тока I_1 является эквивалентом КДП с ОК в режиме формирования фронта импульса сварочного тока. Инвертор, трансформаторы дросселя, выпрямитель и нагрузка представлены в виде источника тока I_2 , потребляющего ток сложной формы для формирования амплитуды импульса сварочного тока величиной до 300 А.

Источник тока I_1 , диаграмма которого представлена на рис. 3, а, формирует линейно спадающие импульсы тока амплитудой $I_{1\text{имп}} = 76$ А и длительностью $t_{1\text{имп}} = 21$ мкс с частотой 120 Гц. Источник тока I_2 , диаграмма которого представлена на рис. 3, б, формирует повторяющиеся импульсы нарастающего тока с максимальной амплитудой 40 А и периодом повторения 25 мкс.

КДП с ОК в режиме сброса накопленной энергии из накопительного конденсатора C_5 в основной источник питания работает следующим образом. Процесс разряда начинается с замыкания ключа VT_7 и заканчивается, когда напряжение в конденсаторе C_5 станет равным нулю или же некоторому заданному значению. Суммарное напряжение U_{CT} на конденсаторе C_5 и основном источнике питания измеряется датчиком напряжения ДН₁.

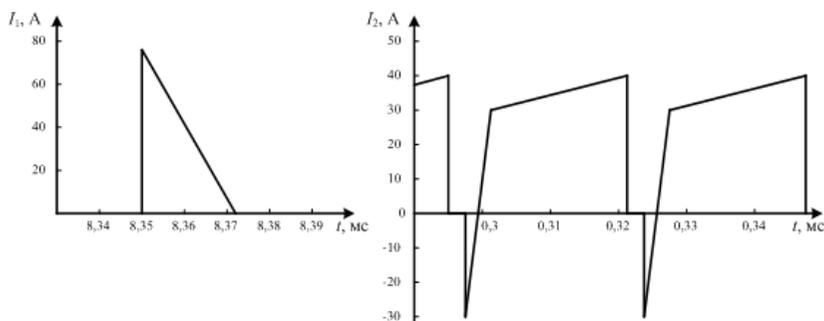


Рис. 3. Диаграмма тока в I_1 (а); диаграмма тока в I_2 (б)

После достижения напряжения U_{CT} заданного уровня система управления (СУ) размыкает ключ VT_7 , после чего разогнанный ток в индуктивности L_1 инвертирующего преобразователя замыкается через диод VD_8 на основной источник питания и параллельно включенный конденсатор C_6 . Значение протекающего тока измеряется датчиком тока ДТ₁ и подается на СУ для реализации сброса накопленной энергии из конденсатора C_5 в основной источник питания (с помощью ШИМ). Повышение входного напряжения на мостовом инверторе за счет разряда конденсатора C_5 и как следствие увеличение выходного тока может быть компенсировано системой управления путем уменьшения сдвига фазы управляющих импульсов ключей инвертора.

Экспериментальный образец имеет следующие параметры: индуктивность намагничивания трансформатора дросселя $L_{m1} = 0,476$ мГн, время разряда накопительного конденсатора $T_1 \leq 1$ мс. В КДП с ОК используются IGBT-модули SKM100GB12T4 с параметрами: максимальное напряжение на коллектор-эмиттере $V_{CE} = 1200$ В, номинальный ток коллектора $I_C = 100$ А с максимальной частотой переключения $F_{max} = 20$ кГц. КДП с ОК будет работать при среднем напряжении накопительного конденсатора C_5 $U_{C5} = 300$ В. При стабилизации среднего напряжения на конденсаторе C_5 отклонение ΔU должно быть как можно меньше, чтобы не допустить выхода из строя элементов цепи преобразователя. Однако уменьшение отклонения от средне-

го уровня напряжения приведет к увеличению емкости конденсатора C_5 , что увеличит конечную стоимость преобразователя. К тому же согласно результатам работы [2] контролируемое увеличение напряжения на конденсаторе C_5 приводит к увеличению скорости нарастания фронта импульса тока и увеличению эффективности передачи энергии в нагрузку, что наилучшим образом скажется на качественных характеристиках КДП с ОК. Поэтому можем принять $\Delta U = 80$ В, что не сильно увеличит напряжение на элементах цепи, а также позволит выбрать приемлемую емкость конденсатора C_5 . Ток в дросселе L_1 в начальный момент времени примем равным $I_{L0} = 0$ А, а максимальный ток $I_{L\max} = 10$ А.

Величину заряда, переданную в конденсатор C_5 из трансформаторов дросселей, можно найти по следующей формуле:

$$q = \frac{I_{\text{имп}} \cdot t_{\text{имп}}}{2} = \frac{76 \cdot 21 \cdot 10^{-6}}{2} = 0,8 \text{ мКл}.$$

Тогда емкость накопительного конденсатора C_5 при изменении напряжения на нем $\Delta U = 80$ В будет равна

$$C_5 = \frac{q}{\Delta U} = \frac{0,8 \cdot 10^{-3}}{80} = 10 \text{ мкФ}.$$

Определим индуктивность дросселя L_1 . Максимальное напряжение на дросселе будет равно максимальному напряжению на накопительном конденсаторе:

$$U_{C5\max} = U_{L\max} = U_{C5} + \Delta U = 300 + 80 = 380 \text{ В}.$$

$$W = C \frac{U^2}{2} = L \frac{I^2}{2}. \quad \Delta W = C_5 \cdot \frac{U_{C5\max}^2 - U_{C5}^2}{2} = L_1 \cdot \frac{I_{L\max}^2 - I_{L0}^2}{2}.$$

$$L_1 = C_5 \cdot \frac{U_{C5\max}^2 - U_{C5}^2}{I_{L\max}^2 - I_{L0}^2} = 10 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{380^2 - 300^2}{10^2 - 0^2} = 5,44 \text{ мГн}.$$

Для подтверждения правильности теоретических расчетов была построена модель в среде MATLAB/Simulink, представленная на рис. 4, и система управления, раскрывающая функциональный блок Subsystem, представленная на рис. 5.

В результате расчета была определена емкость накопительного конденсатора C_5 при изменении уровня напряжения на этом конденсаторе в пределах 80 В. Так как мы ограничиваемся изменением напряжения в 80 В, а уровень максимально возможного напряжения примерно равен 600 В, то для увеличения эффективности работы преобразователя по [2] можно увеличить средний уровень напряжения с 300 до 520 В. Построена математическая модель, на основе которой были получены результаты, подтверждающие теоретические расчеты. Из

рис. 6 видно, что суммарное напряжение U_{CT} возвращается к рабочему значению напряжения за время 0,2 мс, что соответствует заданному $T_1 \leq 1$ мс.

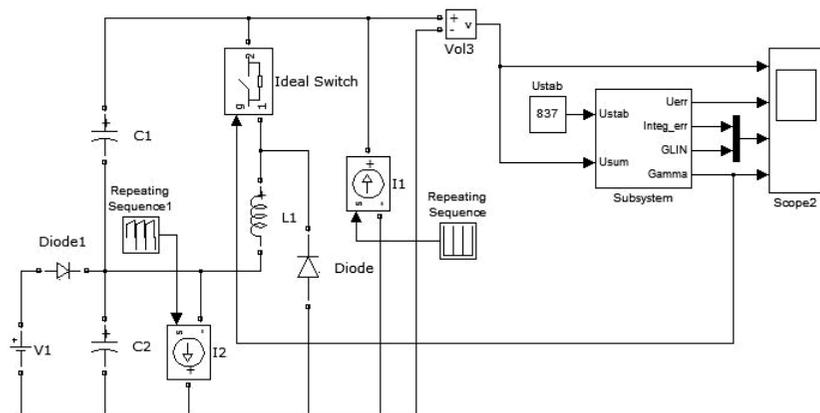


Рис. 4. Модель силовой части преобразователя в среде MATLAB/Simulink

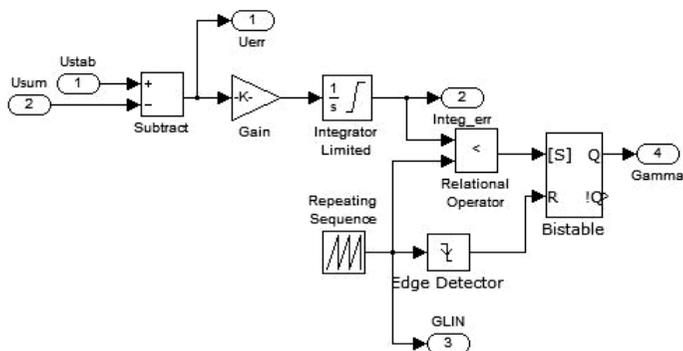


Рис. 5. Модель системы управления в среде моделирования MATLAB/Simulink

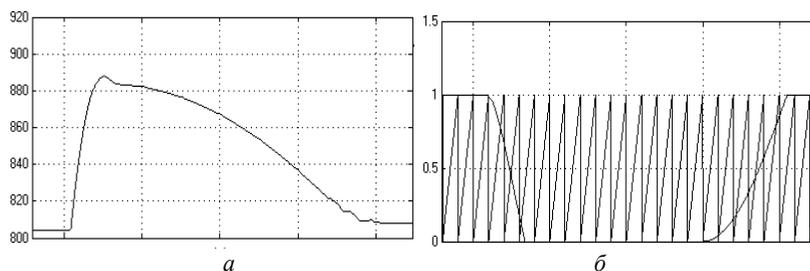


Рис. 6 (начало)

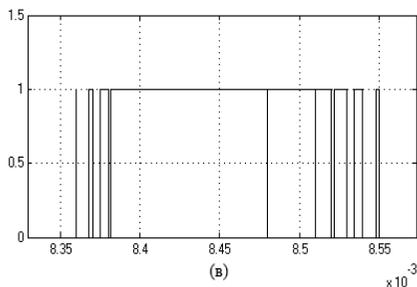


Рис. 6 (окончание). Диаграммы напряжения U_{CT} на датчике напряжения ДН₁ (а); напряжения ошибки и ГЛИН (б) формирователя ШИМ-сигнала (в)

ЛИТЕРАТУРА

1. Идрисов И.К., Федотов В.А., Семенов В.Д., Сатенбаев Е.Е. Преобразователь постоянного напряжения сварочной дуги постоянного тока. Заявка № 2012155414/25. Положительное решение от 19.02.2013.
2. Кобзев А.В. Двухтрансформаторный комбинированный преобразователь с регулируемой эффективностью передачи энергии в сварочную дугу / А.В. Кобзев, В.Д. Семенов, В.А. Федотов, И.К. Идрисов // Научный вестник НГТУ. 2012. №42. С. 155–167.
3. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. М.: Техносфера, 2005. 632 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SoC ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ РАБОТЫ С ИЗОБРАЖЕНИЕМ

Д.В. Ксынкин, аспирант

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, den_1988@inbox.ru

Развитие технологических процессов производства полупроводников позволило достичь выдающейся степени интеграции элементов в современных интегральных схемах. В данной статье речь пойдет о недавно разработанном компанией Xilinx семействе ZYNQ-7000. Представители данного семейства, являясь системами на кристалле (англоязычный термин System on Chip, SoC), содержат в себе двухъядерный процессор ARM Cortex-A9, набор периферии и программируемую логику. Частота процессора варьируется от 800 до 1000 МГц, а количество логических ячеек от 28 до 350 тыс. (что примерно эквивалентно 430 тыс. – 5,2 млн вентиляей) [1], в зависимости от модели. Среди периферийных устройств есть контроллер оперативной памяти (DDR3, DDR2, LPDDR2), контроллер FLASH-памяти (NOR, NAND, Quad-SPI), интерфейсы USB, Ethernet, CAN, SPI, UART, I2C [1]. Все это делает данные устройства чрезвычайно удобными для разработчиков систем анализа и обработки изображений.

Рассмотрим, например, цифровой медианный видеофильтр. Такой фильтр используется для удаления из видеокadra искажений одиночных пикселей, возникающих вследствие импульсных помех. На видео данных вид помех выглядит как присутствие некоторого числа посторонних пикселей, сильно отличающихся от своих соседей, например полностью белые или черные. Для их исключения возможно использование следующей методики – заменять значение каждого пикселя на среднее значение из матрицы 3 на 3, состоящей из этого пикселя и его 8 соседей [2]. Для иллюстрации работы фильтра рассмотрим простейший случай – 8-битное изображение в градациях серого (для цветного изображения необходимо применять фильтр к каждому цветовому каналу отдельно). Рассмотрим работу фильтра для следующего участка изображения.

15	13	12
13	200	40
25	30	33

Рис. 1. Исходный участок изображения

Видно, что пиксель со значением 200, вероятно, является поврежденным, так как сильно отличается от своих соседей интенсивностью. Согласно логике работы фильтра его необходимо заменить на среднее (по положению) значение, выбранное из представленных 9. Отсортируем все значения: 12, 13, 13, 15, 25, 30, 33, 40, 200. Таким образом, новое значение пикселя – 25; следовательно, после фильтрации пиксель со значением 200 исчезнет из кадра, на его место будет скопирован его сосед со значением 25.

12	13	15
13	40	200
25	30	33

Рис. 2. После сортировки в строках

Так как для одновременной сортировки 9 значений требуется довольно сложное цифровое устройство, в нашей реализации мы разбили процесс сортировки на несколько этапов. Первым этапом мы сортируем значения в строках матрицы.

12	13	15
13	30	33
25	40	200

Рис. 3. После сортировки в столбцах

Вторым этапом сортируем значения в столбцах новой матрицы.

Затем выбираем из новой матрицы 3 значения: третье (наибольшее по значению) из первого столбца, второе (среднее по значению), первое (наименьшее по значению) из третьего столбца. Последним этапом мы вновь сортируем 3 выбранных значения и выбираем среднее из них как результат работы фильтра: 25, 30, 15 → 15, 25, 30. Как можно убедиться из приведенного примера, результаты совпадают, но для выбранной реализации используются только модули сортировки 3 значений, которые значительно проще, чем модули сортировки 9. Всего для сортировки 9 значений нужно 7 таких модулей: 3 для сортировки строк, 3 для сортировки столбцов, 1 для сортировки диагональных элементов.

Для применения алгоритма к видеопотоку в реальном времени, необходима буферизация как минимум 3 строк. В нашей реализации используется кольцевой буфер на 4 строки видеопотока, пока одна из строк буферизирует входной сигнал, над 3 остальными работает фильтр с одновременной выдачей результата в выходной поток. Так как крайние пиксели кадра не имеют достаточного количества соседей и к ним нельзя применить вышеописанный алгоритм, они остаются без изменения. Таким образом, в разработанной нами реализации фильтра обработанный видеопоток появляется на выходе уже после буферизации первых двух линий входного потока. Далее на каждый пиксель входного потока генерируется новый пиксель выходного, то есть фильтрация происходит в реальном времени со сдвигом в 2 строки кадра. Символом (*) обозначены обработанные строки.

Входной поток	Выходной поток
строка 1	задержка
строка 2	задержка
строка 3	строка 1
строка 4	(*)строка 2
строка 5	(*)строка 3
строка 6	(*)строка 4
...	...

Рис. 4. Сдвиг входного и выходного потоков

Задержка в две строки кадра обусловлена следующим – для работы фильтра необходимо 3 строки, но так как первая проходит на выход без изменений, то её можно выдать и без необходимого для работы фильтра количества строк.

При реализации данного фильтра на устройстве Z-7020 потребовалось около четверти ресурсов программируемой логики чипа. Таким образом, мы реализовали входной видеофильтр, борющийся с помехами изображения (в реальном времени), и у нас остались ресурсы для реализации еще одного или двух входных или выходных фильтров, например фильтра Собеля для определения границ объектов на изображении. При этом у нас для реализации непосредственно алгоритмов анализа изображения осталось в наличии два ядра процессора. А так как и процессор, и программируемая логика находятся на одном чипе, то нет необходимости в скоростной шине между двумя устройствами, что снижает требования к размеру и сложности печатной платы.

Из данного обзора можно увидеть, что применение SoC, объединяющих программируемую логику и процессор, имеет широкие перспективы для приложений обработки и анализа изображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.xilinx.com/publications/prod_mktg/zynq7000/Zynq-7000-combined-product-table.pdf
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Median_filter

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА MC56F8013

Я.А. Литвинов, магистрант, В.М. Саюн, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ

Современные преобразователи энергетической электроники включают в себя мощные транзисторные ключи на MOSFET- и IGBT-транзисторах и систему управления, выполненную на микроконтроллере. Примером может служить источник питания магнетронного распылителя [1], разработанный в рамках группового проектного обучения на кафедре промышленной электроники.

Система управления источника питания реализует комплексы задач: формирование ШИМ, обеспечение режимов: «Стабилизация напряжения, тока», «Аварийное отключение» и др. В связи с этим выбран высокоскоростной микроконтроллер семейства DSP568000 компании Freescale Semiconductors.

Идеология разработки программ для выполнения задач на этом микроконтроллере является сложной. В связи с этим поставлена задача разработать цикл лабораторных работ, изучение которых поможет новым участникам ГПО освоить более сложные задачи. Компания Freescale Semiconductors поставила на кафедру демонстрационные и отладочные платы, а также методическое обеспечение.

Цель вновь создаваемых лабораторных работ – адаптировать методическое обеспечение под конкретные задачи.

Лабораторная работа №1

Постановка задачи. Осуществить аппаратное формирование импульсов произвольной фиксированной частоты с изменяющимся коэффициентом заполнения. Коэффициент заполнения циклически изменяется по следующему закону: сначала увеличивается до некоторого максимального значения, затем уменьшается до минимального значения. Формируемые импульсы вывести на светодиод.

Методика построения лабораторной работы включает:

- разработку алгоритма и написание программы;
- прошивку микроконтроллера на демоплате;
- проверку полученных результатов на осциллографе и визуально с помощью светодиода на демоплате.

Алгоритм программы состоит из блоков:

- подключение стандартных библиотек;
- задание и описание необходимых переменных;
- инициализация модуля таймера;
- написание основной программы для выполнения поставленной задачи.

Листинг разработанной программы с комментариями:

```
/******
```

```
* File Name: main.c
```

```
* Target: MC56F8013 device
```

```
*****/
```

```
#include "qs.h"
```

```
#include "occs.h"
```

```
#include "sys.h"
```

```
#include "intc.h"
```

```
#include "iic.h"
```

```
#include "gpio.h"
```

```
#include "cop.h"
```

```
#include "sci.h"
```

```
#include "spi.h"
```

```
#include "adc.h"
```

```
#include "qtimer.h"
```

```
#include "pwm.h"
```

```
#define br_max_ON_time 0xffdc //значение, соответствующее максималь-  
ному коэффициенту заполнения
```

```
#define br_min_ON_time 0 //значение, соответствующее минимальному ко-  
эффициенту заполнения
```

```
#define delta 0x0fa //величина изменения коэффициента заполнения
```

```
#define inc 0 //направление изменения коэффициента заполнения –  
увеличение
```

```
#define dec 1 //направление изменения коэффициента заполнения –  
уменьшение
```

```
UWord16 br_dir=inc; //показывает направление изменения коэффициента  
заполнения
```

```
UWord16 ON_time=br_min_ON_time; //текущее значение времени им-  
пульса
```

```
static void Quad_Timer_Init(void) //Подпрограмма инициализации модуля  
счетверенного таймера
```

```
{
```

```
//Инициализация канала TMR2 таймера
```

```
periphMemWrite(br_min_ON_time,&ArchIO.Timer.ch2.cmp1); /*запись в  
регистр выходного сравнения значения, соответствующего минимальному  
коэффициенту заполнения*/
```

```
periphMemWrite(br_min_ON_time,&ArchIO.Timer.ch2.cmpld1); /*запись в  
буферный регистр выходного сравнения значения, соответствующего мини-  
мальному коэффициенту заполнения*/
```

```
periphMemWrite(0x0001,&ArchIO.Timer.ch2.comscr); /*разрешение за-  
грузки регистра COMP1 из буферного регистра CMPLD1 по событию выход-  
ного сравнения с COMP1*/
```

```
periphMemWrite(0x0003,&ArchIO.Timer.ch2.scr);
```

```
/*разрешение соединения внешнего порта с выходом канала TMR2 тайме-  
ра; инверсия полярности выходного сигнала таймера*/
```

```

    periphMemWrite(0x3606,&ArchIO.Timer.ch2.ctrl);
    /*тактирование канала TMR2 таймера с частотой тактирования системной
    шины, деленной на 8; установка в 1 выхода таймера по выходному сравнению,
    сброс в 0 по переполнению таймера */
    }
void main (void)
    {
    periphMemWrite(0x0040,&ArchIO.Sim.sim_pce); //разрешение тактирова-
    ния таймера в регистре модуля системной интеграции
    periphMemWrite(0x0003,&ArchIO.Sim.sim_gps); /*разрешение на выводе
    порта GPIOA4 функции 2-го канала таймера TMR2*/
    periphBitSet(0x0010,&ArchIO.PortA.per); //разрешение функции перифе-
    рийного модуля на выводе порта GPIOA4
    periphBitClear(0x0005,&ArchIO.PortA.dr); // очистка значения порта
    GPIOA4
    periphBitSet(0x0005,&ArchIO.PortA.ddd); // разрешение вывода на порт
    GPIOA4

    Quad_Timer_Init();//Инициализация модуля счетверенного таймера
    while(1)
    {
    if(periphBitTest(0x2000, &ArchIO.Timer.ch2.scr) /*Проверка условия ус-
    тановки флага переполнения таймера (условия изменения коэффициента за-
    полнения)*/
    {
    if(br_dir==inc) /*определение направления изменения коэффициента за-
    полнения*/
    {
    if(ON_time==br_max_ON_time) br_dir = dec; /*проверка условия
    достижения максимального значения коэффициента заполнения*/
    else ON_time += delta; //увеличение коэффициента заполнения
    }
    else
    {
    if(ON_time==br_min_ON_time) br_dir = inc; /*проверка условия достиже-
    ния минимального значения коэффициента заполнения*/
    else ON_time -= delta; //уменьшение коэффициента заполнения
    }
    periphMemWrite(ON_time,&ArchIO.Timer.ch2.cmpld1);/*запись нового
    значения коэффициента заполнения в буферный регистр*/
    periphBitClear(0x2000,&ArchIO.Timer.ch2.scr); //сброс флага переполне-
    ния таймера
    }
    }
    }
}

```

Данная лабораторная работа позволяет с помощью таймера микроконтроллера реализовать формирование импульсов с изменяющимся коэффициентом заполнения (относительной длительности импульса) от нуля до единицы и в обратную сторону.

Работа выполнена в рамках проекта ГПО ПрЭ-0911 – «Источник питания для магнетрона ионно-плазменного распыления».

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 курсов каф. промышленной электроники: матер. ежегод. науч.-практ. конф. / Под ред. В.Д. Семёнова. Вып. 3. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2009. С. 88–92.
2. Петренко А.А. Микропроцессорная система управления источником питания магнетронного распылителя: дис. ... магистра техники и технологии. Томск, 2012.
3. Ситало А., Ремизевич Т. Лабораторный практикум DSP568000: метод. пособие. М., 2009. 208 с.

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ДЛЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Н.С. Легостаев, доцент, к.т.н., А.С. Окружко, студент

г. Томск, ТУСУР, ФЭТ, lns@ie.tusur.ru

Приводятся расчет потерь мощности в силовых ключах преобразователей и оценка эффективности применения Si-, CSi- и GaAs-транзисторов.

Энергосбережение является одним из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации на ближайшие годы. Решение проблем энергосбережения, в частности, основано на использовании высокоэффективных преобразователей электрической энергии, построенных на базе современных электронных компонентов, включая силовые интегральные модули [3].

В последние годы ведущими производителями компонентов электронной техники достигнуты значительные результаты по улучшению характеристик и параметров полупроводниковых компонентов [2].

Представлены результаты анализа эффективности применения транзисторов CREE SiC Power MOSFET CMF10120D, IXYS Si HiPerFET Power MOSFET IXFN22N120 и Advanced Power technology Fast IGBT APT20GF120BR, пригодных для реализации непосредственных преобразователей напряжения (НПН) понижающего типа и высокочастотных мостовых инверторов с напряжением питания 300–600 В, с мощностью преобразования до 10 кВт и частотой преобразования 50 кГц и выше.

В качестве основного критерия эффективности использования транзисторов применен критерий минимальной мощности полных потерь, которая складывается из статических и динамических потерь:

$P_{\text{полн}} = P_{\text{ст}} + P_{\text{дин}}$. Динамические потери мощности состоят из потерь мощности на включение ($P_{\text{вкл}}$) и потерь мощности на выключение ($P_{\text{выкл}}$) транзистора.

Для расчета мощности потерь в силовых транзисторах использована методика, изложенная в [1].

Аналитические выражения для расчета статических и динамических потерь для рассматриваемых типов преобразователей представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Аналитические выражения для расчета потерь мощности в транзисторах ШИП понижающего типа

Тип транзистора	Тип транзистора
CMF10120D; IXFN22N120	APT20GF120BR
Аналитические выражения для расчета статических потерь	
$P_{\text{ст}} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх.мин}}} \cdot I_{\text{кл}}^2 \cdot R_{\text{СИ.отк}}$	$P_{\text{ст}} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх.мин}}} \cdot I_{\text{кл}} \cdot U_{\text{откр}}$
Аналитические выражения для расчета динамических потерь	
$P_{\text{вкл}} = \frac{1}{2} \cdot U_{\text{вх.макс}} \cdot I_{\text{кл}} \cdot t_{\text{г1}} \cdot f_{\text{пр}} +$ $+ U_{\text{вх.макс}} \cdot t_{\text{восст}} \cdot I_{\text{кл}} \cdot f_{\text{пр}} +$ $+ U_{\text{вх.макс}} \cdot Q_{\text{восст}} \cdot f_{\text{пр}} ;$ $P_{\text{выкл}} = \frac{U_{\text{вх.макс}}^2 \cdot C_{\text{вых}}}{2} \cdot f_{\text{пр}} +$ $+ U_{\text{вх.макс}} \cdot I_L \cdot R_{\text{затв}} \cdot C_{\text{вх}} \cdot f_{\text{пр}}$	$P_{\text{дин}} = \frac{1}{2} \cdot E_{\text{полн}} \cdot f_{\text{пр}} + Q_{\text{восст}} \times$ $\times U_{\text{пит}} \cdot f_{\text{пр}} + \frac{1}{2} \cdot C_{\text{вых}} \cdot U_{\text{пит}}^2 \cdot f_{\text{пр}}$

Таблица 2

Аналитические выражения для расчета потерь мощности в транзисторе мостового инвертора

Тип транзистора	Тип транзистора
CMF10120D; IXFN22N120	APT20GF120BR
Аналитические выражения для расчета статических потерь	
$P_{\text{ст}} = \frac{1}{2} \cdot I_{\text{кл}}^2 \cdot R_{\text{СИ.отк}}$	$P_{\text{ст}} = \frac{1}{2} \cdot I_{\text{кл}} \cdot U_{\text{откр}}$
Аналитические выражения для расчета динамических потерь	
$P_{\text{дин}} = \frac{1}{2} \cdot I_{\text{кл}} \cdot U_{\text{пит}} \cdot f_{\text{пр}} (t_{\text{сп}} + t_{\text{нр}}) + \frac{1}{2} \cdot C_{\text{вык}} \cdot U_{\text{пит}}^2 \times$ $\times f_{\text{пр}} + Q_{\text{восст}} \cdot U_{\text{пит}} \cdot f_{\text{пр}}$	$P_{\text{дин}} = \frac{1}{2} \cdot E_{\text{полн}} \cdot f_{\text{пр}} + Q_{\text{восст}} \times$ $\times U_{\text{пит}} \cdot f_{\text{пр}} + \frac{1}{2} \cdot C_{\text{вык}} \cdot U_{\text{пит}}^2 \cdot f_{\text{пр}}$

В таблицах использованы следующие обозначения: $Q_{\text{восст}}$ – заряд восстановления обратного диода; $f_{\text{пр}}$ – частота преобразования; $C_{\text{вх}}$ – входная емкость транзистора; $C_{\text{вых}}$ – выходная емкость транзистора; $R_{\text{СИ.отк}}$ – сопротивление транзистора в открытом состоянии; $U_{\text{откр}}$ – падение напряжения на транзисторе в открытом состоянии; $t_{\text{восст}}$ – время восстановления; $R_{\text{затв}}$ – сопротивление затвора; $E_{\text{полн}}$ – полная энергия переключения.

Зависимость мощности потерь от частоты в транзисторах НПП понижающего типа и мостового инвертора представлены на рис. 1.

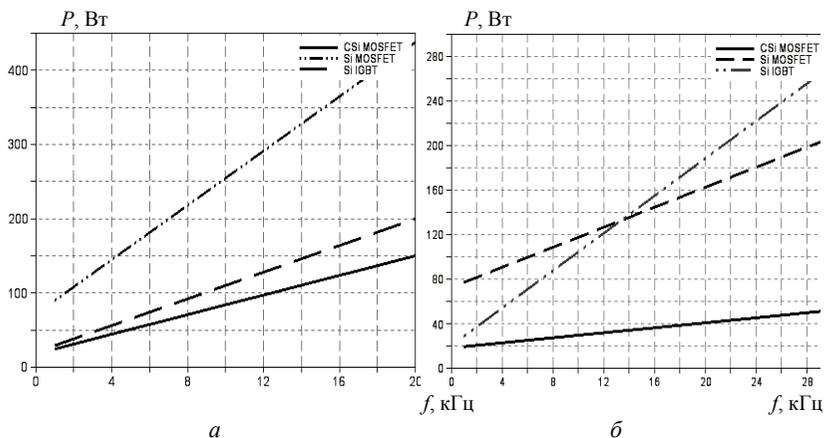


Рис. 1. Зависимость мощности потерь в транзисторах НПП: понижающего типа (а) и мостового инвертора (б) от частоты преобразования

Анализ представленных расчетных зависимостей позволяет, и не без основания, утверждать, что карбид-кремниевые MOSFET-транзисторы в ближайшем будущем заменят кремниевые и арсенид-галлиевые транзисторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. М.: Изд. дом «Додэка-XXI», 2001. 384 с.
2. Мишель О'Нейл. Карбид-кремниевый MOSFET бросает вызов IGBT // Электронные компоненты. 2008. №12. С. 55–58.
3. Полищук А. Проблемы выбора ключевых транзисторов для преобразователей с жестким переключением // Силовая электроника. 2004. №2. С. 22–25.

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ПОДСВЕТКИ РЕКЛАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.С. Романенко, аспирант

Научные руководители: В.Д. Семенов, проф., к.т.н.,

В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, fva@vipelec.ru

Одними из самых распространённых видов рекламы являются рекламные щиты. С распространением светодиодных источников света всё больше стали появляться конструкции, подсвечиваемые светодиодными прожекторами либо светодиодными лентами. Подсвечиваемая рекламная конструкция имеет качественно лучшее восприятие, особенно в вечернее время. Применение новых светодиодных технологий даёт такие важные преимущества, как длительный срок службы (более 5 лет), высокая светоотдача (в 100–130 Лм/Вт), многовариантная применяемость (контурная подсветка лентами или точечная подсветка). Высокая эффективность светодиодных технологий позволяет снизить мощность потребления систем подсветки и применить для их питания альтернативные источники энергии. Известно применение солнечной батареи для уличных фонарей [1] и освещение рекламных щитов [2] электронными комплектами.

Однако солнечные батареи имеют ряд серьёзных недостатков: запас электроэнергии производится только в светлое время суток, а подсветка требуется в темное время суток, что вынуждает использовать накопители энергии, которые требуют зарядных и разрядных устройств, что в целом увеличивает себестоимость, снижает надёжность и КПД автономной системы электроснабжения. Кроме того, солнечные батареи требуют регулярного обслуживания: в летнее время необходима очистка панелей от грязи и пыли, а в зимнее – от регулярного заснеживания, что не совсем удобно при использовании такой подсветки в удалённых районах. С целью повышения эффективности солнечных батарей часто применяют системы ориентации панелей относительно солнца, что требует дополнительных приводов. Также необходимо отметить, что эффективность солнечных батарей невысока (не превышает 30%), а стоимость составляет около 1–3 долл. США за Ватт номинальной мощности [4]. Рекламные конструкции с аналогичной системой электроснабжения используют солнечные батареи с номинальной выходной мощностью 250 Вт и стоимостью около 20000 руб. Тем не менее солнечные батареи широко распространены, поэтому в предлагаемой системе электроснабжения для освещения рекламных конструкций учтено использование солнечных батарей.

Наиболее подходящим источником энергии для автономной системы электроснабжения для подсветки рекламных вывесок является ветрогенератор. Ветрогенератор вырабатывает электроэнергию как в светлое время суток, так и в темное, что позволяет отказаться от дополнительных накопителей электроэнергии. С помощью конструкторских решений можно обеспечить повышенную автономность работы, исключив регулярное обслуживание по отчистке лопастей от осадков и грязи. Существует множество конструкторских решений, не требующих разворота лопастей ветрогенератора относительно направления ветра без снижения эффективности. Сам рекламный щит идеально подходит в качестве опоры для ветрогенератора.

Структурная схема предлагаемого устройства показана на рис. 1. Основными блоками, входящими в базовую комплектацию, являются: ветрогенератор, контроллер ветрогенератора, контроллер светодиодного прожектора и светодиодный прожектор. Остальные блоки являются вспомогательными, позволяющими расширить функциональные возможности системы. Контуры вспомогательных блоков представлены штриховыми линиями. Потоки электроэнергии показаны сплошными векторами, а информационные потоки – штриховыми векторами.

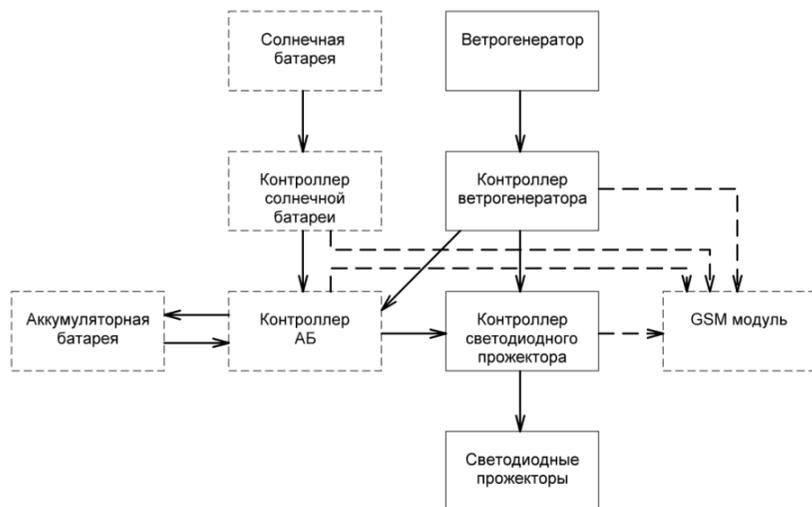


Рис. 1. Функциональная схема автономной системы электроснабжения

Базовая комплектация системы подсветки рекламных вывесок хорошо подходит для районов с постоянным сильным круглогодичным ветром. Подсветка будет производиться, если ветер с достаточной си-

лой будет дуть в ночное время. В случае недостаточной силы ветра яркость прожекторов может оказаться неудовлетворительной. Добавление к базовой версии аккумуляторной батареи и контроллера АБ позволит освещать рекламные конструкции в районах с низкой среднегодовой скоростью ветра или районах с повышенной градацией скорости ветра. Среднегодовые значения ветра и повторяемость различных градаций приведены для территории России в [5].

GSM-модуль позволит собирать телеметрию о состоянии блоков, входящих в систему, и отправлять ее на пульт оператора, что позволит удаленно следить за системой подсветки и своевременно производить профилактические ремонтные работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Solar Windz. Renewable energy solutions. Solar street lights [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.solar-windz.com/solar_street_light.htm
2. Освещение рекламных щитов. ООО «Промстан-21» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sunyour.ru/katalog/osveschenie/osveschenie-reklamnyh-schitov>
3. Solar hoarding lighting system. Akash solar energy [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://akashsolarenergy.com/solar_hoarding_lighting_system.html
4. Солнечная батарея. Материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_батарея.
5. Скорости ветра в России и строительство ветряных электростанций. Новая генерация [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.manbw.ru/analytics/windrus.html>

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГРУНТА

Е.А. Сидоров, магистрант, Е.Э. Тен, студент, А.Б. Унаев, м.н.с.

Научный руководитель В.Д. Семенов, проф., к.т.н.

*г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, sidogo@gmail.com,
ekaterina.ten90@gmail.com, magistrup@yanex.ru*

При проведении инженерно-геологических исследований специалисты прибегают к методу статического зондирования грунтов, т. к. он по праву считается наиболее эффективным из всех используемых методов.

Самым быстрым и экономным был определен метод статического зондирования. Он помог специалистам решить вопросы целесообразности использования фундаментов, а также позволил получить наиболее полные и объективные данные для составления чертежей свайных фундаментов [1].

Применение метода статического зондирования сводится к непрерывному вдавливанию в почву с помощью статической нагрузки специального зонда. При проведении испытательных работ применяют различные конструкции установок.

Показатели сопротивления грунта регистрируются непрерывно или с интервалами по глубине погружения зонда. При достижении исследователями установленной ранее глубины погружения испытание прекращают. Инженерные изыскания прерываются также в случае, если применяемое оборудование требует приложения предельных усилий при погружении в грунт.

По своей конструкции и принципам измерения усилия зонды делятся на 3 большие группы:

- механические;
- гидравлические;
- тензометрические.

Механические зонды просты в изготовлении, легко ремонтируются и сравнительно дешевы. Однако круг задач, решаемый с их помощью, ограничен, и такие зонды сложнее оснащать дополнительными приспособлениями, например, для контроля вертикальности положения зонда, измерения порогового давления и т.п. Измерение усилия в таких зондах происходит при помощи динамометров, прикреплённых к подвижным частям зонда. Также к недостаткам механических зондов можно отнести большие погрешности, связанные с механическими потерями на трение и деформацией между внутренними деталями зонда. Конечно, процедура измерения является не столь удобной, как в тензометрических зондах, где запись измерений производится автоматически.

Гидравлические зонды применяются в практике изысканий сравнительно мало, причем в нашей стране они вообще не используются. Такие зонды имеют довольно сложную конструкцию. Это накладывает свой отпечаток на форму самого зонда – обычно гидравлические зонды имеют больший размер и отличаются по форме. В наконечник гидравлического зонда встроены гидроцилиндр с поршнем. Давление грунта на конус в процессе зондирования передается через поршень маслу в цилиндре. Измерение этого давления производится манометром, установленным на поверхности Земли. Сам процесс измерения столь же неудобен, как и при использовании механических зондов.

Тензометрические зонды рассматриваются сегодня как наиболее перспективные, что объясняется следующим [2]:

- исключение характерных для механических зондов погрешностей измерений;
- возможность непрерывных измерений без значительных взаимных перемещений частей зонда относительно друг друга;

- исключение проникновения грунта внутрь зонда;
- удобство и повышенная надежность измерений, возможность автоматической записи получаемых результатов;
- высокая чувствительность измерений, позволяющая изучать очень слабые грунты.

Среди тензометрических зондов выделяют три основных типа зонда [3]:

- зонды, измеряющие усилия, приходящиеся на конус и муфту трения с помощью тензодатчиков сжатия;
- зонды, измеряющие те же величины тензодатчиком сжатия у конуса и тензодатчиком растяжения на муфте трения;
- зонды разностного типа, измеряющие усилие, приходящееся на конус, и суммарное усилие, приходящееся на конус и муфту трения.

Целью работы является создание аппаратно-программного комплекса для измерения параметров грунта (АПК ИПГ), который должен осуществлять измерение четырех параметров грунта: удельное сопротивление грунта под конусом, удельное сопротивление грунта по муфте трения, температура грунта, угол наклона зондовой плети к вертикали во время зондирования грунта с помощью многоцелевой зондирующей установки. Такой АПК будет относиться к тензометрическим зондам первого типа, т.е. будут использованы датчики сжатия для определения усилия и под конусом, и на муфте трения.

Разработанная структурная схема системы зондирования приведена на рис. 1.

Естественно, что центральным блоком устройства является микроконтроллер, ведь задачи, которые ставятся перед устройством, сводятся к таким простым действиям, как чтение данных с различного рода датчиков и запись полученных данных.

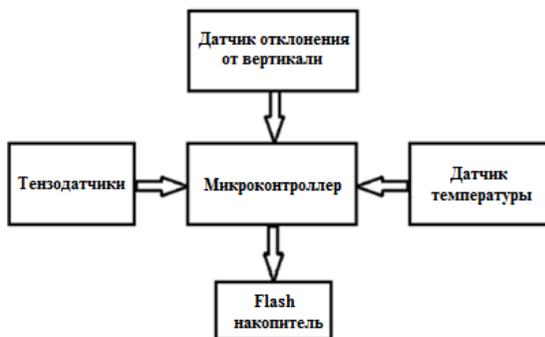


Рис. 1. Структурная схема устройства

Как видно из функциональной схемы, для каждой отдельной задачи используется свой набор датчиков. Необходимость использования Flash-накопителя вызвана довольно большим объемом данных, который не способен поместиться в памяти микроконтроллера.

Для чтения измеренных параметров АКП ИПГ должно быть подключено по USB интерфейсу к ПК, после чего с помощью специального ПО данные считываются и сохраняются на ПК в формате csv.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдфельд И.З., Смирнова Е.А. Взаимосвязь показателей статического зондирования грунтов установками первого и второго типов // Транспортное строительство. 1973. № 7. С. 45–47.
2. Захаров М.С. Статическое зондирование в инженерных изысканиях: учеб. пособие / Федеральное агентство по образованию. СПб.: СПб ГАСУ, 2007. С. 55.
3. Санглера Г. Исследование грунтов методом зондирования / Пер. с фр. М.: Стройиздат, 1971. С. 85, 174.

ВЫБОР КОРРЕКТИРУЮЩЕГО ЗВЕНА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ОДНОТАКТНОГО ОБРАТНОХОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ MATLABSIMULINK

С.В. Сидоров, студент, Р.Г. Калинин, аспирант

*Научные руководители: В.Д. Семёнов, проф., зам. зав. каф. ПрЭ,
к.т.н., В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО
г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, ssv_vs@mail.ru*

Обратноходовый преобразователь (ОХП) является одним из самых распространенных схемотехнических решений для источников питания мощностью до 200 Вт. Поэтому вопрос о стабилизации выходного напряжения преобразователя по схеме ОХП выходит на первый план. В статье рассмотрен процесс выбора корректирующего звена в цепи обратной связи для источника питания на основе однотактного обратноходового преобразователя, используемого в устройстве для снятия изоляции с проводов [1]. Упрощенная схема источника питания для данного устройства представлена на рис. 1.

Воспользовавшись методикой расчета малосигнальных моделей [2, 3] для источников питания, можно получить линеаризованные передаточные функции и структурную схему (рис. 2). В данной модели мы получили передаточные функции малосигнальной модели выходного тока \tilde{I}_L и напряжения на емкости \tilde{y}_C , зависящие от относительной длительности импульса открытого состояния ключа $\tilde{\gamma}_1$ от входного питающего напряжения \tilde{E} , от тока нагрузки \tilde{I}_n .

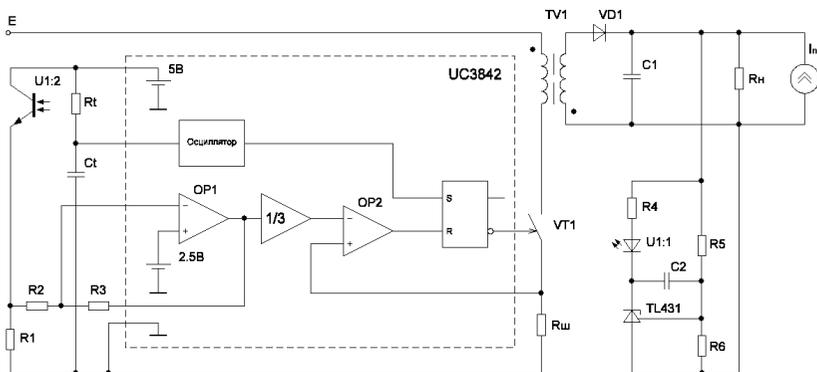


Рис. 1. Упрощенная схема преобразователя, работающего на ШИМ-контроллере UC3842

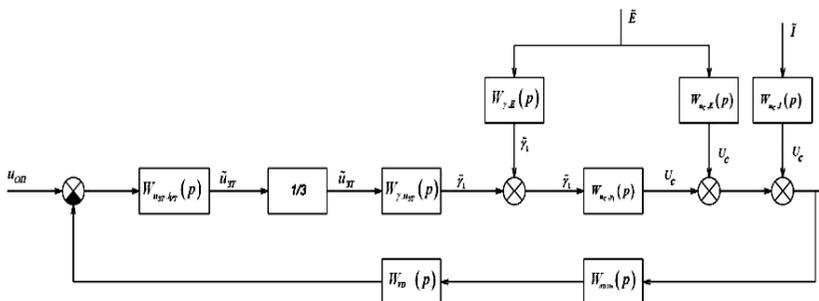


Рис. 2. Структурная схема модели преобразователя полученная в передаточных функциях

$W_{\gamma, E}(p)$ и $W_{\gamma, i_{3T}}(p)$ – передаточные функции по выходной длительности импульса от датчика тока и входного напряжения;

$1/3 W_{u_{3T}, i_{3T}}(p)$ – передаточные функции звена в цепи микросхемы UC3842;

$W_{u_{C,E}}(p), W_{u_{C,I}}(p), W_{u_{C,I1}}(p)$ – передаточные функции преобразователя для малого сигнала;

$W_{VD}(p)$ – передаточная функция оптотары;

$W_{i_{VD}, U_{in}}(p)$ – передаточная функция корректирующего звена.

ЛАЧХ и ЛФЧХ для разомкнутой цепи представлены на рис. 3.

Для определения параметров корректирующего звена воспользуемся инструментом, предоставленным в пакете Matlab Simulink – sisotool [4]. При запуске программы во вкладке Control and Estimation

Tools Manager предлагается выбор структуры системы с корректирующим звеном (С). Выбранная структура представлена на рис. 4. Все изменения на ЛАЧХ можно выполнять с использованием компьютерной мыши (перемещать относительно осей, добавлять нули и полюсы, регулировать наклоны кривой).

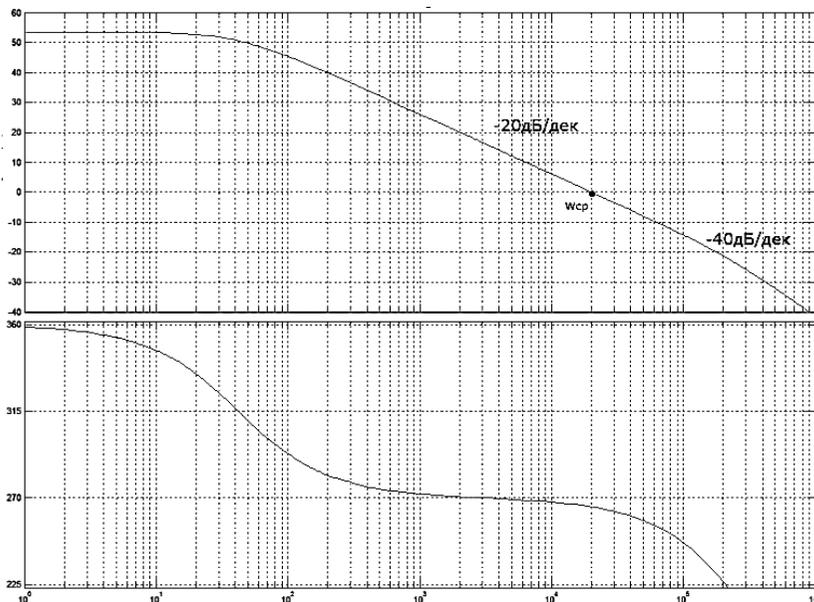


Рис. 3. ЛАЧХ и ЛФЧХ системы с разомкнутой обратной связью

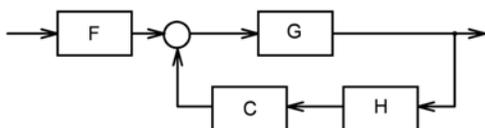


Рис. 4. Структурная схема системы с корректирующим звеном

Далее переходим к построению желаемой ЛАЧХ. Рабочая частота источника питания 100 кГц. Исходя из этого, чтобы не пропускать все нижестоящие частоты, зададим частотой среза 6×10^5 рад/с. Переместим ЛАЧХ в заданную точку. Исходя из условий технического оптимума (ТО) [6], ЛАЧХ должна пересекать частотную ось под наклоном -20 дБ/дек. Затем в высокочастотной области (для подавления высокочастотных помех) делаем наклоны -40 и -60 дБ/дек. Полученные ЛАЧХ и ЛФЧХ представлены на рис. 5.

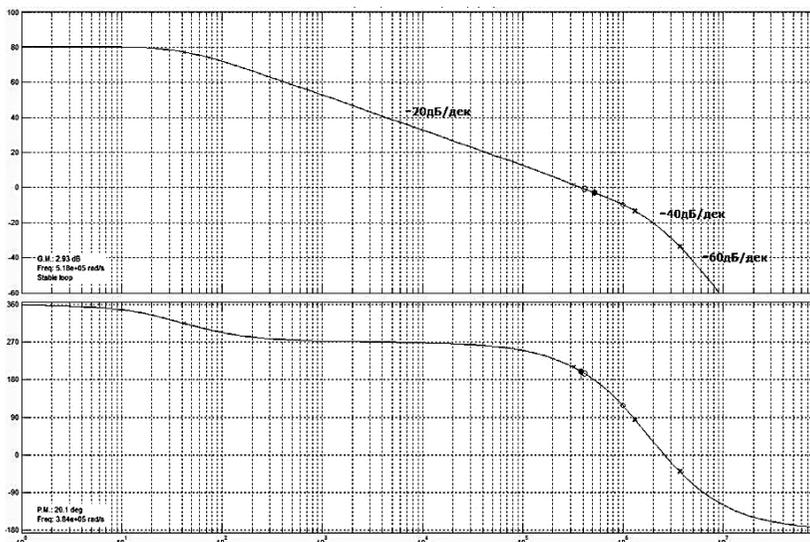


Рис. 5. Желаемая ЛАЧХ, полученная с использованием программы sisotool

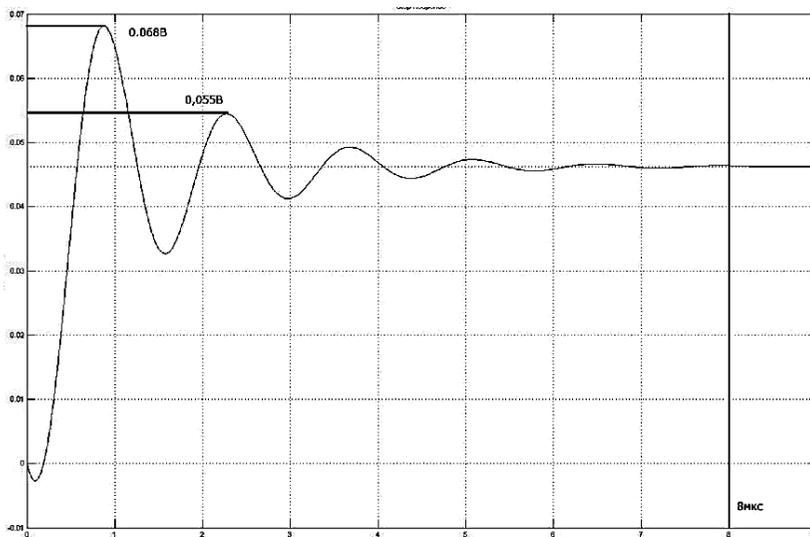


Рис. 6. Характеристика переходного процесса

Во вкладке окна sisotool Compensator Editor отображена передаточная функция корректирующего звена для желаемой ЛАЧХ. В нашем случае оно выглядит так:

$$W_C(p) = 21,6 \frac{(2,4 \cdot 10^{-6} p + 1)}{(2,7 \cdot 10^{-7} p + 1)(2,7 \cdot 10^{-7} p + 1)((7,6 \cdot 10^{-7} p)^2 + 1,4 \cdot 10^{-6} p + 1)}$$

Во вкладке Analysis Plot выбираем плоттер с единичным воздействием (Step). Характеристика переходного процесса изображена на рис. 6. Как видно, время переходного процесса составляет всего 8 мкс, а степень затухания равна примерно 0,2.

Для проверки правильности расчетов необходимо собрать полученное корректирующее устройство и проверить на физической модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 97011 Российская Федерация, МПК H02G 1/12. Устройство для снятия изоляции с проводов; патентообладатель ТУСУР, Артеев М.С., Сарин П.С., Семенов В.Д., Федотов В.А. № 2010112688/22; заявл. 01.04.2010; опубл. 20.08.2010. Бюл. №23. 2 с.
2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. М.: Техносфера, 2006. 632 с.
3. Коршунов А. Методика построения непрерывных моделей импульсных преобразователей напряжения постоянного тока // Компоненты и технологии. 2006. №8.
4. Samanta S. State-space average Modeling of DC-DC Converters with parasitic in Discontinuous Conduction Mode (DCM) / Department of Electrical Engineering National Institute of Technology, Rourkela. PROJECTREPORT.
5. Мелешин В., Овчинников Д. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии. М.: Техносфера, 2011. 582 с.
6. Коновалов Б.И., Лебедев Ю.М. Теория автоматического управления. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2003. 205 с.

ВВЕДЕНИЕ В ЗАДАЧУ РАЗРАБОТКИ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОМ АСИММЕТРИЧНОГО ТОКА (НАПРЯЖЕНИЯ)

С.С. Тюнин, студент, О.В. Клакович, магистрант,

А.В. Храмцов, электроник

Научный руководитель В.Д. Семенов, проф., к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, Tun89@sibmail.com

Klavovich89@gmail.com, hav@ie.tusur.ru

Для исследования процессов очистки водных растворов глиоксала, проводимых Лабораторией каталитического синтеза НИ ТГУ, в СКБ «Импульс» ведется разработка источника асимметричного тока (напряжения). Структурная схема этого источника представлена на рис. 1.

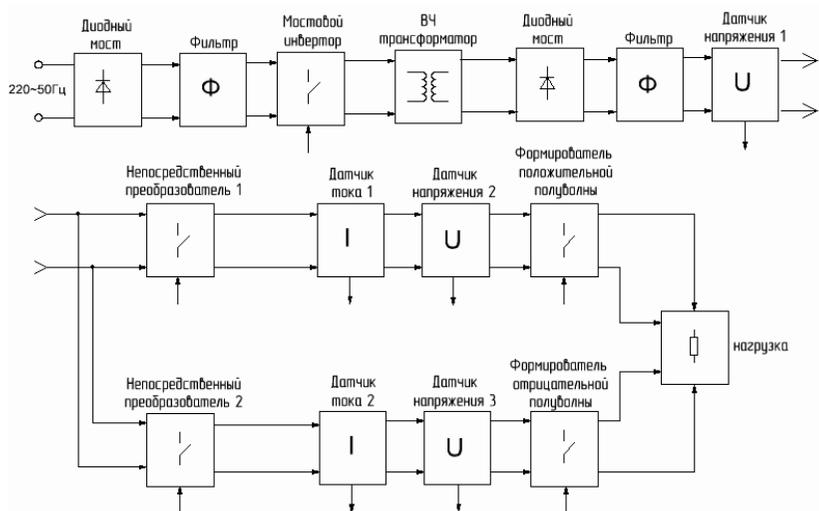


Рис. 1. Структурная схема источника асимметричного тока (напряжения)

В представленной на рис. 1 структурной схеме разрабатываемое устройство осуществляет управление ключами входного мостового инвертора с целью компенсации отклонений параметров питающей сети и обеспечения гальванической развязки через высокочастотный трансформатор. Для этого на диагонали инвертора подаются противофазные импульсы с частотой 60 кГц и с относительной длительностью в пределах от 0,37 до 0,49, при этом минимальная длительность импульса составляет 3,1 мкс. Обратная связь осуществляется с помощью датчика напряжения 1, представляющего собой делитель напряжения с опторазвязкой и уровнем выходного напряжения до 5 В. Регулирование амплитуды выходного тока (напряжения) осуществляется с помощью ключей непосредственных преобразователей 1 и 2. Эти ключи работают в режиме релейного регулирования выходного тока (напряжения) с максимальной частотой 60 кГц и минимальной длительностью импульса 1 мкс. Стабилизация амплитуды осуществляется с помощью датчиков напряжения 1 и 2 (в режиме стабилизации напряжения) и датчиков тока 1 и 2 (в режиме стабилизации тока). Датчики напряжения аналогичны описанному выше. В схеме используются датчики тока на эффекте Холла с выходным напряжением от 0,5 до 4,5 В. Формирователи положительной и отрицательной полуволн выполнены на двух транзисторах, работающих по определенному алгоритму с максимальной частотой 200 кГц и минимальной длительностью открытого состояния 0,5 мкс. Ключи формирователя осуществ-

ляют также регулирование частоты тока (напряжения) нагрузки в пределах от 1 Гц до 200 кГц. Управление всеми ключами источника осуществляется с помощью драйверов IR2110 с логической единицей в 3,3 В.

Для осуществления регулирования выходных параметров тока (напряжения), формируемого источником, необходимо микропроцессорное устройство управления, функциями которого являются:

- реализация алгоритма управления ключами источника в соответствии с сигналами датчика и обратными связями;
- реализация обратных связей по току и напряжению с обеспечением заданных динамических характеристик источника;
- отображение параметров формируемого тока (напряжения);
- реализация интерфейса ввода параметров формируемого тока (напряжения);
- защита источника при перегрузках;
- осуществление аварийного отключения источника.

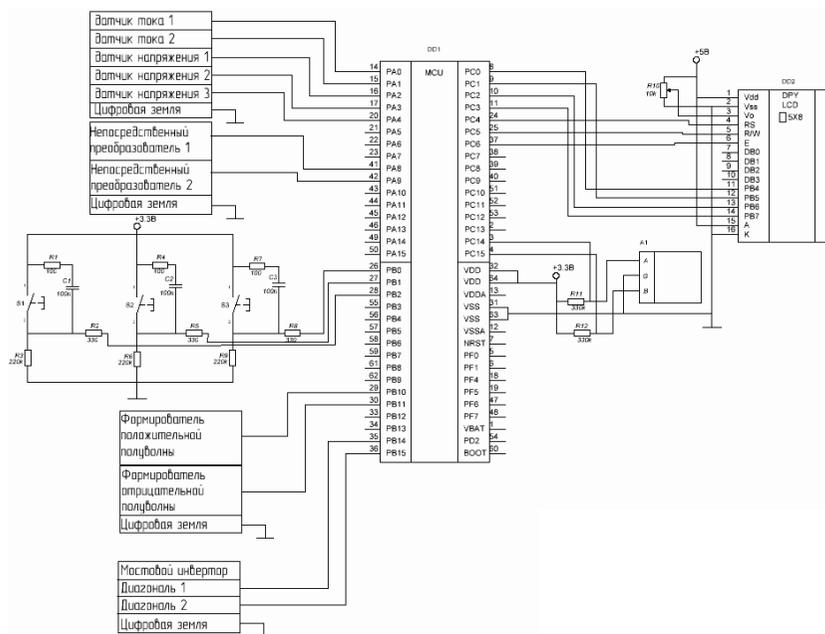


Рис. 2. Принципиальная схема микропроцессорного устройства управления источником асимметричного тока

Для реализации системы управления выбран микроконтроллер STM32F051R8T6 фирмы STMicroelectronics. На рис. 2 представлена

принципиальная схема разработанного микропроцессорного устройства управления, которая учитывает вышеописанные условия управления ключами источника и осуществляет все необходимые функции управления и реализации пользовательского интерфейса.

На представленной схеме к микроконтроллеру (DD1) для индикации параметров выходного тока (напряжения) подключен ЖКИ (DD2) с матрицей 20×4. Для ввода параметров тока (напряжения) к микроконтроллеру подключены кнопки (S1, S2, S3), с помощью которых производится выбор и подтверждение задаваемых параметров (I , U , F , γ). В качестве датчика численного значения параметров к микроконтроллеру подключен инкрементирующий энкодер (A1), сигналы с которого обрабатываются с помощью таймера микроконтроллера. Интерфейс взаимодействия с силовыми ключами представлен на рис. 2 в виде таблиц внешних выводов с пояснением назначения.

Используемый для решения поставленной задачи микроконтроллер STM32F051R8T6 обладает следующими параметрами:

- 48 МГц, 32-битное ядро Cortex-M0(0,9 DMIPS/МГц);
- 12-битное АЦП, 12-битное ЦАП;
- время конвертирования аналогового сигнала 1 мкс;
- Flash до 64 К, SRAM до 8 К;
- 11 таймеров общего назначения;
- минимально возможная длительность импульса 20,8 нс;
- напряжение питания: 2–3,6 В;
- до 3 USART, 3 I2C, 2 SPI, HDMI.

Для управления ключами источника из приведенных выше характеристик микропроцессора наиболее важной является минимально возможная длительность импульсов, генерируемых на портах микроконтроллера. Она составляет 20,8 нс и меньше требуемых минимальных длительностей импульсов управления транзисторами источника. Время преобразования сигнала на АЦП составляет 1 мкс, что обеспечивает достаточно высокую скорость работы обратных связей по токам и напряжениям.

Также неоспоримым преимуществом используемого микроконтроллера являются его низкая цена, простота интеграции и низкое энергопотребление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Р.И. STM32F0 новый стандарт для недорогих решений // Новости электроники. 2012. №6. С. 38–43.
2. http://www.st.com/web/en/catalog/tools/PF253215?s_searchtype=keyword
3. Обухов С.Т., Рамизевич Т.В. Применение микроЭВМ для управления вентильными преобразователями // Электротехническая промышленность. Преобразовательная техника. 1983. Вып. 3(151).
4. www.soel.ru/cms/f/?/380058.pdf

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ ИГОЛЬЧАТЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ В БИОЛОГИЧЕСКУЮ ТКАНЬ

В.Н. Учаев, А.Ю. Хуторной, А.В. Литвинов, аспиранты

Научные руководители: В.Д. Семенов, проф., к.т.н.,

Д.О. Пахмурин, ст. преподаватель, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ

На кафедре промышленной электроники ТУСУРа разрабатывается аппаратно-программный комплекс для реализации локальной гипертермии [1], реализуемой специальными игольчатыми нагревателями (ИН) [2], которые вводятся под действием ультразвука. Это необходимо для уменьшения усилия ввода, кровотоочивости и механического разрушения клеток в месте введения [3, 4].

Для создания ультразвуковых колебаний на ИН необходимо ультразвуковое устройство, которое должно работать в диапазоне частот 20–25 кГц с возможностью задания амплитуды колебания 3–30 мкм.

Для эффективной передачи энергии колебательной системой обрабатываемой среде необходимо, чтобы она работала на механическом резонансе (рис. 1) [5].

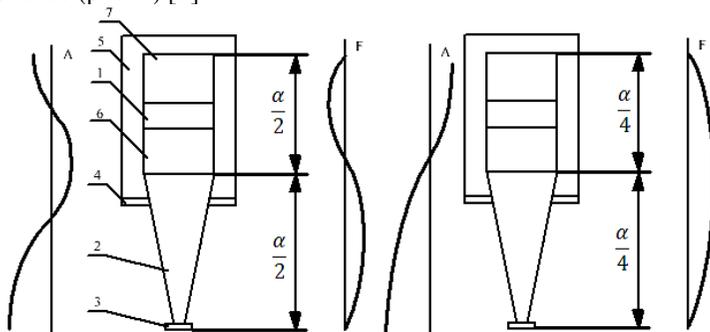


Рис. 1. УЗКС – двухполуволновая и четвертьволновая колебательная система с распределением амплитуд колебаний A и действующих механических напряжений F : пьезоэлемент – 1; трансформатор (концентратор) – 2; рабочий инструмент – 3; опора – 4 и корпус – 5; отражающие накладки – 6, 7

Для этого применяют различные схемные решения как с использованием микроконтроллеров (МК), так и аналоговых микросхем фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) с генератором, управляемым напряжением. Более простым решением будет применение специализированной схемы ФАПЧ.

На рис. 2 представлена структурная схема ультразвукового устройства, на котором обозначено: ФС – фильтр сетевой; В – выпрямитель; Ф – фильтр; СТН – стабилизатор напряжения; ИР – инвертор; УЗКС – ультразвуковая колебательная система; ИПСН – источник питания собственных нужд; СУ – система управления; ДН – датчик напряжения; ДТ – датчик тока.

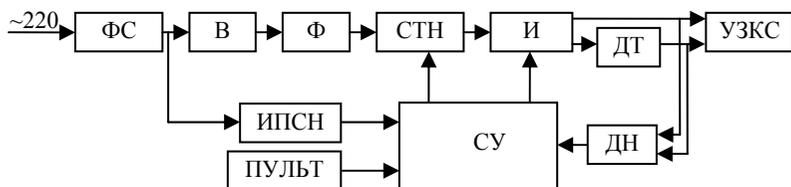


Рис. 2. Структурная схема ультразвуковой системы

Для того чтобы передать ультразвуковые колебания ИН, необходимо:

- обеспечить хороший акустический контакт инструмента с концентратором (см. рис. 1), это делается следующими способами: пайка, сварка, резьбовое соединение и цанговое крепление;
- согласовать УЗКС с генератором, для этого добавляют последовательно УЗКС индуктивность рис. 3, [6];
- обеспечить размеры УЗКС кратными длине волны или половине длине волны ультразвуковых колебаний в материале (см. рис. 1).

С помощью метода электромеханических аналогий можно получить эквивалентную схему замещения УЗКС [5]. Этот метод позволяет представить механические величины их электрическими эквивалентами и рассматривать УЗКС как электрическую нагрузку. В этом случае пьезоэлектрическая

УЗКС представляется эквивалентной электрической схемой замещения, позволяющей связать ее акустические и электрические параметры. Один из вариантов такой эквивалентной схемы представлен на рис. 4.

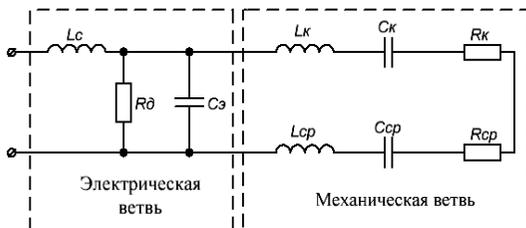
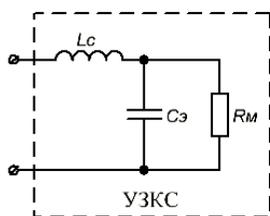


Рис. 3. Эквивалентная схема замещения УЗКС

В эквивалентной схеме замещения $C_з$ и $R_д$ – электрические элементы, представляющие собой собственную электрическую емкость и сопротивление потерь пьезоэлектрического преобразователя. Величи-

ны, входящие в «механическую ветвь», – электрические эквиваленты механических (акустических) величин. Индуктивность L_k эквивалентна колеблющейся массе УЗКС, емкость C_k эквивалентна гибкости материала УЗКС, сопротивление R_k эквивалентно внутреннему трению в материале УЗКС. Индуктивность L_{cp} эквивалентна соколеблющейся с излучателем массе участка среды, а емкость C_{cp} соответственно эквивалентна гибкости этого участка. Сопротивление R_{cp} характеризует безвозвратные потери энергии в обрабатываемой среде, L_c – согласующая индуктивность.

УЗКС с пьезоэлектрическим преобразователем, работающую на резонансной частоте, можно представить, как показано на рис. 4, сопротивление механической ветви на частоте механического резонанса



является чисто активным и равно $R_m = R_k + R_{cp}$. Все эти аналогии и упрощения помогут при создании ультразвукового устройства.

Рис. 4. Эквивалентная схема замещения УЗКС на механическом резонансе

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2467720 РФ, МПК А61В 18/12. Способ реализации локальной гипертермии / А.В. Кобзев, Д.О. Пахмурин, В.Н. Учаев и др. №2011132247/14; заяв. 29.07.2011; опубл. 27.11.2012. Бюл. № 33.
2. Пат. 110968 РФ, МПК А61В 18/12. Инструмент для реализации локальной гипертермии / А.В. Кобзев, Д.О. Пахмурин, В.Н. Учаев и др. №2011127982/14; заяв. 07.07.2011; опубл. 10.12.2011. Бюл. № 34.
3. Пахарьков Г.Н. Биомедицинская инженерия: проблемы и перспективы: учеб. пособие / Г.Н. Пахарьков. СПб.: Политехника, 2011. 232 с.
4. Акопян В.Б., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами. М.: МГТУ, 2005. 224 с.
5. Хмелев В.Н., Савин И.И. Повышение эффективности ультразвукового воздействия на обрабатываемые среды за счет оптимизации электрического согласования в ультразвуковом технологическом аппарате // Электронный журнал «Техническая акустика». 2005. №36. Режим доступа к ресурсу: <http://www.ejta.org>
6. Редько В.В. Источники питания ультразвуковых пьезокерамических преобразователей: дис ... канд. техн. наук. Томск, 2002. 120 с.

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО
КОМПЬЮТЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ
АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА
ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ**

Д.Д. Усачев, студент

Научные руководители: В.Д. Семенов, проф., к.т.н.,

Д.О. Пахмурин, ст. преподаватель, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ

*Проект ГПО ПрЭ-0901 – «Аппаратно-программный комплекс
для реализации локальной гипертермии»*

В рамках проекта ГПО ПрЭ-0901 разрабатывается устройство стабилизации температуры (далее – УСТ-6.1), предназначенное для лечения опухолевых заболеваний методом управляемой локальной гипертермии [1]. На рис. 1 приводятся общая структурная схема модулей разрабатываемого устройства и их взаимосвязь.

Работа комплекса возможна в двух режимах.

Режим 1 – управление УСТ-6.1 от персонального компьютера. Оператор посредством программного обеспечения, установленного на персональный компьютер или ноутбук, посылает управляющие сигналы в модуль управления устройством (МУУ). Тот, в свою очередь, управляет работой всеми подключенными модулями стабилизации (МСТ). МСТ посредством нагревателей, подключенных к ним, проводят процедуру нагрева заданного уровня температуры в течение необходимого времени.



Рис. 1. Общая структурная схема модулей разрабатываемого устройства и их взаимосвязь

Режим 2 – локальное управление с использованием пользовательского меню. Процесс управления работой устройства происходит непосредственно с МУУ.

В соответствии с модульной структурой разрабатываемого устройства программное обеспечение разделяется на три основных вида:

- программа для персонального компьютера – программа верхнего уровня;
- программа для модуля управления устройством – программа уровня управления;
- программа для модуля стабилизации температуры – программа нижнего уровня.

Основная задача на данном этапе проекта – разработка программного обеспечения для персонального компьютера. Программа верхнего уровня предназначена для удобного взаимодействия оператора с устройством УСТ-6.1 через персональный компьютер. Данное пользовательское приложение позволит решить проблему наглядного представления всех характеристик и параметров работы устройства стабилизации температуры и обеспечит полной информацией оператора на протяжении всего цикла работы комплекса. Программа верхнего уровня – удобный инструмент управления. Управление устройством УСТ-6.1 через персональный компьютер организовано посредством интерфейса RS-485.

Разработку программного обеспечения условно можно разбить на следующие этапы:

1. Анализ. На данном этапе происходит определение всех функций, выполняемых программой, а также обзор всех требований, предъявляемых к программному обеспечению.

2. Проектирование. На данном этапе происходит разработка комплекса алгоритмов выполнения программы. Кроме построения стандартной блок-схемы алгоритма, применяется язык графического описания UML [2]. UML не является языком программирования и, применительно к данному программному обеспечению, используется для визуализации, наглядности и системности проектирования. В частности, строится диаграмма состояний программы.

3. Кодирование и компиляция. На данном этапе происходит разработка приложения в среде Microsoft Visual Studio 2008 [3].

4. Тестирование и отладка. Выявление и исправление ошибок, возникающих на протяжении работы программы.

5. Сдача программы. Введение программного обеспечения в эксплуатацию.

6. Сопровождение. Оптимизация программы и улучшение функциональности.

Этапы анализа и проектирования программного обеспечения завершены с построением UML-модели – диаграммы состояний. Основными элементами диаграммы являются:

- состояния;
- активности (действия), выполняемые во время состояния;
- события переходов из одного состояния в другое;
- входная точка модели;
- выходная точка модели.

Принцип работы программного обеспечения по диаграмме состояния заключается в следующем: после запуска программы, она переходит в режим ожидания действий. Оператору предоставляются следующие функции программы:

- проверка связи с модулем управления устройством;
- калибровка;
- настройка параметров нагрева.

Для выполнения процедуры нагрева предварительно следует проинформировать настройку параметров: температуры и продолжительности. После чего становится возможным переход к процедуре нагрева.

Если в процессе проведения процедуры появилась необходимость изменить параметры нагрева, то оператор посредством элементов управления графического интерфейса переводит программу в режим изменения параметров и на выходе из него продолжается процедура с вновь заданными временем и температурой. На протяжении всего времени работы комплекса происходит контроль и фиксация ошибок.

С помощью UML-модели становится понятным, как должна реагировать программа на те или иные действия оператора. Основные преимущества использования данной диаграммы – наглядное представление выполняемых функций. Кроме того, модель позволяет упростить и оптимизировать написание программного кода.

При возникновении или обнаружении на этапе кодирования и компиляции ошибок, связанных с неправильным определением функциональности приложения, не требуется проходить все этапы разработки с нуля. В решении проблем такого рода помогает построенная UML-модель. Вернувшись на этап проектирования, существует возможность исправить данную модель – добавить, удалить или изменить блоки, определяющие состояние системы, события перехода, в также активности.

На данный момент разработка программного обеспечения находится на этапе реализации пользовательского интерфейса и программного кода в среде разработки Microsoft Visual Studio 2008.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хуторной А.Ю., Литвинов А.В., Учаев В.Н. и др. Устройство локальной гипертермии для нагрева мягких тканей живого организма // Итоги научно-исследовательских работ и курсового проектирования студентов 1–4 курсов кафедры промышленной электроники: матер. ежегод. науч.-практ. конф. 26–27 февраля 2009. Вып. 3. Томск: ТУСУР, 2009.
2. Ларман Крэг. Применение UML и шаблонов проектирования. 2-е изд. Пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. 624 с.
3. Пауэрс Л., Снелл М. Microsoft Visual Studio 2008 / Пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 1200 с.

МОДЕЛИ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛИТЕЛЯ В СРЕДЕ MATLAB ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

В.С. Фёдоров, магистрант, В.М. Саюн, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ

Разработан и реализован экспериментальный макет схемы источника питания магнетронного распылителя [1]. Схема макета включает силовой преобразователь и систему управления на микроконтроллере DSP MC56F8013 фирмы Motorola.

По требованию технического задания источник питания (ИП) формирует в определенном диапазоне токов режим стабилизации напряжения или тока. Управление силового источника питания должно осуществляться на основе программы, написанной для микроконтроллера. Программа должна содержать блоки отрицательной обратной связи (ООС) по напряжению и току, реализованные в цифровом виде.

Целью работы является разработка моделей ИП в среде MATLAB (рис. 1, 2) для исследования устойчивости в режиме стабилизации напряжения и тока. Среда MATLAB позволяет моделировать ООС в цифровом и аналоговом видах.

На первом этапе исследования построены модели источника питания в среде MATLAB (см. рис. 1, 2) с узлами ООС в аналоговом виде [1]. Исследованы схемы, реализующие принцип статического и астатического управления [2], выявлены диапазоны устойчивости в зависимости от коэффициента усиления контура обратной связи. Дополнительные требования к критериям устойчивости будут корректироваться на этапе работы для реальной нагрузки.

При коэффициенте усиления, равном 2, ток не должен превышать значения 25 А, а напряжение – 1,5 кВ.

Проведенная работа является базой для построения узла ООС в цифровом виде при написании алгоритма работы микроконтроллера.

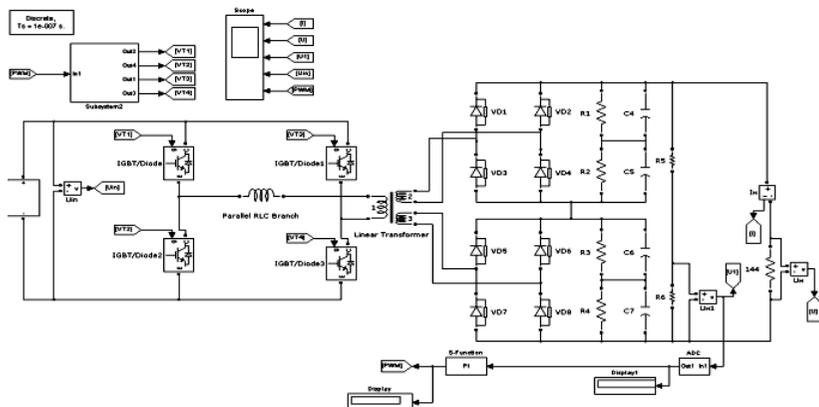


Рис. 1. Схема ИП с ООС по напряжению

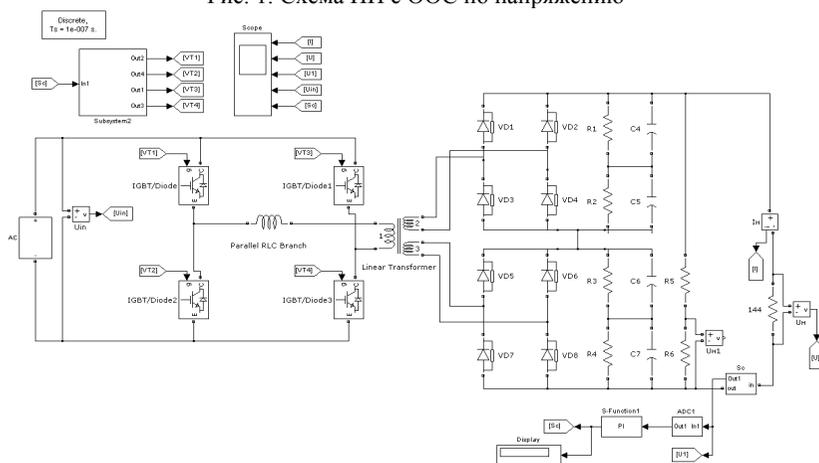


Рис. 2. Схема ИП с ООС по току

Проект ГПО – «Источник питания магнетронного распылителя»,
руководитель В.М. Саюн, к.т.н., доцент каф. ПрЭ.

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 курсов кафедры промышленной электроники: матер. ежегод. науч.-практ. конф. / Под ред. В.Д. Семёнова. Вып. 3. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2009. С. 88–92.
2. Коновалов Б.И., Лебедев Ю.М. Теория автоматического управления. Томск: ТГУ, 2003. 198 с.

СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ НОМИНАЛА НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ.

Р.В. Хуббиев, студент,

А.Ю. Хуторной, В.Н. Учаев, А.В. Литвинов, аспиранты

Научные руководители: В.Д. Семёнов, проф., к.т.н.,

Д.О. Пахмурин, зав. лаб., к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, hubbiev@yandex.ru

Проект ГПО-0901

В источнике питания [1] аппаратно-программного комплекса для реализации локальной гипертермии живой ткани должен быть предусмотрен блок автоматического распознавания номинала питающей сети [2] и стабилизации выходного напряжения для того, чтобы обеспечить работоспособность в странах с различными стандартными значениями питающих напряжений (например, в Ливане – 110 В, а в Великобритании – 240 В). Такой источник питания должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

- Номинальное напряжение питающей сети $\pm 220 / 110$ В.
- Частота напряжения питающей сети 50/60 Гц.
- Отклонение напряжения питающей сети $+10/-15\%$.
- Выходное напряжение входной цепи 310 В.
- Максимальная мощность нагрузки 750 Вт.

Функциональная схема автоматического распознавания номинала напряжения питающей сети представлена на рис. 1.

В данной блок-схеме силовую часть составляют диодный мост, состоящий из диодов VD1-VD4, входной фильтр (Ф1), выходной фильтр (С1, С2). Напряжение сети 220 или 110 В с частотой 50/60 Гц и амплитудой 310/155 В подается на фильтр (Ф1), который представляет собой сетевой фильтр. Отфильтрованное напряжение подается на диодный мост [3]. Далее выпрямленное напряжение подается на выходной С-фильтр, затем на преобразователь (Пр). Напряжение, приходящее с выхода трансформатора (Тр), подается на выпрямитель (В), а с него на фильтр (Ф2). С фильтра (Ф2) напряжение снимается датчиком напряжения (ДН) и подается на систему управления (СУ), соединенную с ключом. Также с фильтра (Ф2) напряжение подается на линейный стабилизатор (ЛСт). Стабилизированное напряжение служит питанием для системы управления (СУ).

Ключ (К1) управляется системой управления (СУ), которая выполнена на микроконтроллере, одной из функций которого является автоматическое распознавание номинала входного напряжения путем опроса датчика напряжения (ДН) и формирования управляющего сигнала на ключ [4].

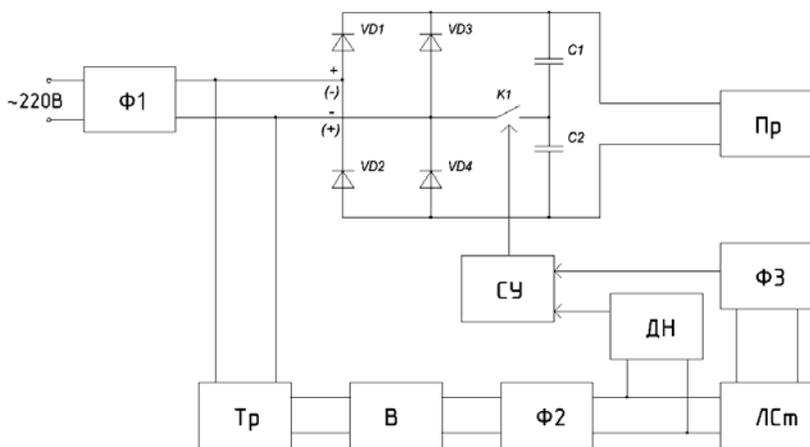


Рис. 1. Функциональная схема автоматического распознавания номинала напряжения питающей сети

Ключ должен быть разомкнут при питающем сетевом напряжении 220 В. При этом выпрямление осуществляется по мостовой схеме, т.е. работают все четыре диода диодного моста, а оба конденсатора фильтра (С1 и С2) подзаряжаются в одни и те же полупериоды сетевого напряжения.

При номинале напряжения питающей сети 110 В с датчика напряжения снимается сигнал, который подается на систему управления, и она замыкает ключ. Тогда при положительной полярности входного напряжения (+ на рис. 1) ток будет протекать через диод VD1 и заряжать до амплитуды номинала напряжения питающей сети конденсатор С1. При отрицательной полярности (- на рис. 1) контур протекания тока будет включать в себя диод VD2 и конденсатор С2. Диоды VD3 и VD4 не используются. Сглаживающие конденсаторы заряжены в разные полупериоды сетевого напряжения и соединены последовательно. Схема работает в режиме удвоения напряжения.

Таким образом, схема автоматического распознавания номинала напряжения питающей сети обеспечивает на входе преобразователя постоянное напряжение 310 В при различных входных напряжениях (220 или 110 В).

ЛИТЕРАТУРА

1. Хуторной А.Ю., Семенов В.Д., Учаев В.Н. и др. Источник питания для устройства стабилизации температуры в аппаратно-программном комплексе для реализации локальной гипертермии // Научная сессия ТУСУР-2012: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная

сессия ТУСУР–2012», посвященной 50-летию ТУСУРа. Т. 2. Томск, 2012. С. 186–189.

2. Головкин А.В., Любичкой В.Б. Блоки питания для системных модулей типа IBM PC-XT/AT. М.: Изд-во «ЛАД и Н». 1995 [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://interlavka.narod.ru/stats03/imp01.htm>, свободный (дата обращения: 07.03.13).

3. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. М.: Техносфера, 2006. 632 с.

4. Тугов Н.М. Полупроводниковые приборы: учеб. для вузов / Н.М. Тугов, Б.А. Глебов, Н.А. Чарыков. Под ред. В.А. Лабунцова. М.: Энергоатомиздат, 1990. 576 с.

УСТАНОВКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ВОДЫ И РАСЧЕТ ЕЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

А.А. Черкашин, магистрант, В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО

г. Томск, ТУСУР, каф ПрЭ

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки и внедрения в практику новых в то же время простых и недорогих электрохимических устройств для управления процессом активации и очистки водных технологических сред.

Вода – химическое вещество в виде прозрачной жидкости, не имеющей цвета, запаха и вкуса (при стандартных условиях). Электрохимически активированную воду получают путем обработки исходных водных, разбавленных растворов минеральных солей или воды в катодной или анодной камерах электролизера. Процесс электрохимической активации можно регулировать выбором материала и площади электродов, изменением межэлектродного расстояния и потенциала электродов.

Электрохимическую активацию можно проводить при различных условиях. Если условия потенциалов высокие (превышающие потенциал разложения воды 1,23 В), то результатом электрохимической активации будут продукты электролиза. Также можно осуществлять электрохимическое воздействие при значениях потенциала ниже 1,23 В (в области устойчивости воды). Электрохимическую активацию воды для целей ее глубокой очистки проводят в двухкамерном электролизере проточного типа. Катодная и анодная камеры его разделены между собой нейтральной мембраной. Для увеличения времени пребывания обрабатываемой воды в электродных камерах последние изготавливают в виде лабиринта. В качестве катода используют нержавеющую сталь, анодом служит графит. Материал выбирается исходя из доступности и электрохимических характеристик [3].

Установка для электрохимической активации воды состоит из блока подготовки воды и электролизера (рис. 1).

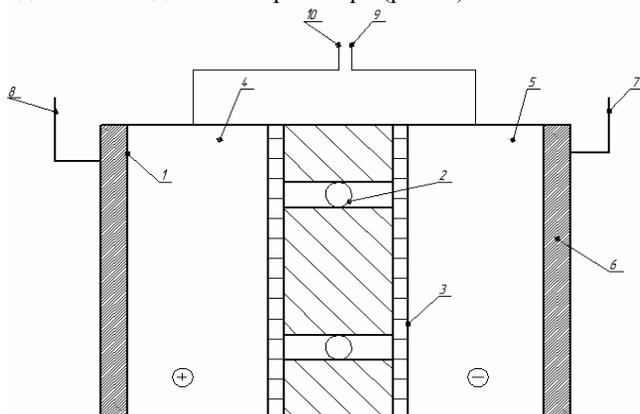


Рис. 1. Схема электролизера проточного типа: 1 – анодный электрод; 2 – ввод водопроводной воды; 3 – разделительная прокладка; 4 – анодная камера; 5 – катодная камера; 6 – электрод катодный; 7–8 – токопроводы; 9–10 – выходы активированного раствора

В исследованиях используется электролизер проточного типа, ячейка которого включает в себя анодную и катодную камеры, подключённые к разным полюсам источника питания; межэлектродное пространство, заполненное водой и являющееся электролитом или же проводником второго рода.

В реализации электролизера на практике важно учесть множество параметров, которые относятся как к химическим, так и к электрическим.

К основным параметрам электролиза относятся сила и плотность тока, напряжение в пределах электродной ячейки, скорость и продолжительность пребывания воды в межэлектродном пространстве, а также водородная составляющая.

Сила тока I_{cur} – величина, определяемая в зависимости от требуемой производительности по генерируемому продукту, А, по формуле:

$$I_{cur} = \frac{G}{A_{tn}}, \quad (1)$$

где A – электрохимический эквивалент вещества, г/А ч; I_{cur} – сила тока, А; t – продолжительность процесса, ч.

Плотность тока – его сила, отнесенная к единице площади электрода, А/м², например анода, определяется из выражения

$$i_{an} = \frac{I_{cur}}{F_{an}}, \quad (2)$$

где F_{an} – площадь анода, м².

Плотность тока оказывает определяющее влияние на электролиз: с увеличением плотности тока интенсифицируются электродные процессы и уменьшается требуемая площадь электродов, но одновременно возрастают напряжение в пределах ячейки, энергоёмкость процесса [1].

Как следует из рис. 2, с увеличением плотности тока усиливается пассивация электродов. Необоснованное увеличение плотности тока интенсифицирует выделение электролизных газов, приводящее иногда к бурлению и измельчению нерастворимых продуктов очистки воды.

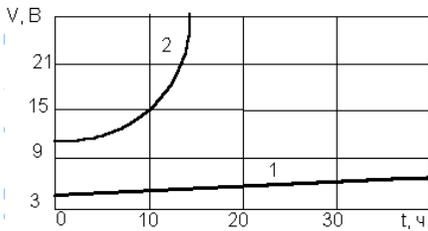


Рис. 2. Графики изменения напряжений в процессе эксплуатации:

1 – для $i_{an}=20$ А/м²;
2 – для $i_{an}=100$ А/м²

Плотность тока должна назначаться минимальной по условиям устойчивого протекания требуемого технологического процесса. При больших производительностях следует учитывать также технико-экономические показатели, связанные с ограничением площади электродов.

Напряжение в электродной ячейке, В, определяется по формуле

$$V_{я} = \frac{1}{XR} \times D \times i_{an} \times K_2 \quad (3)$$

где i_{an} – плотность тока, А/м²; D – расстояние между электродами (ширина межэлектродного канала), м; XR – удельная электропроводность воды, 1/(Ом·м); K_2 – коэффициент газонаполнения межэлектродного пространства, $K_2 = 1,05-1,2$.

Формула не учитывает электрических сопротивлений электрода в связи с малостью, но при пассивации эти сопротивления оказываются значительными.

Удельная электропроводность воды зависит от ряда факторов, среди которых наиболее существенны температура, pH , ионный состав и концентрация ионов. С увеличением температуры электропроводность увеличивается, а напряжение уменьшается (рис. 3) [1]. Минимальное значение электропроводности при $pH = 7$. В процессе электролиза происходит повышение температуры и pH воды. Если перво-

начально $pH > 7$, то можно ожидать уменьшения XR , а при первоначальных значениях $pH < 7$ электропроводность возрастает (рис. 4) [2].

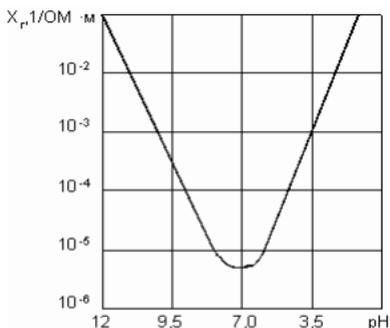


Рис. 3. Зависимость электропроводности от pH воды

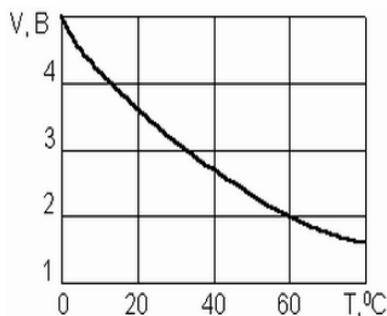


Рис. 4. Зависимость напряжений от температуры воды

Удельная электропроводность природных вод средней минерализации менее 0,001–0,005 1/(Ом·м), городских сточных вод – 10–0,01 1/(Ом·м). Удельная электропроводность при электролизе принимается более 0,1–1,0 1/(Ом·м).

Потребляемая мощность, Вт, электролизера определяется по зависимости:

$$N_{nom} = n \times I_{cur} \times V_{\varepsilon}, \quad (4)$$

где n – коэффициент полезного действия электролизера; $n = 0,7–0,8$; V_{ε} – напряжение на электролизере, В.

Продолжительность пребывания воды в межэлектродном пространстве ограничивается временем, необходимым для генерации нужного количества продуктов электролиза, а также продолжительностью соответствующих объемных реакций и определяется экспериментально.

Скорость движения воды в межэлектродных каналах назначается с учетом условий выноса из электролизера продуктов электролиза и других примесей. Как и продолжительность, скорость выбирается на основании экспериментов.

Одним из не менее важных параметров, характеризующих эффективность технологии активации, является производительность электролизера, которая определяется параметром k , представляющим отношение силы тока I к рабочему объему электролизера [3]:

$$k = \frac{I}{V}. \quad (5)$$

Из этого производительность равна

$$P = k \times V_2 \times S, \quad (1.6)$$

где I – сила тока, А; V_1 – рабочий объем электролизера, л/ч; V_2 – скорость протока, дм/с; S – площадь сечения крана.

Теоретический расчет водородной составляющей:

$$pHk = 10,1 - 1,28 \times V_2 + 0,21 \times i + 0,13 \times i \times V_2, \quad (7)$$

$$pHa = 2,61 - 0,41 \times V_2 + 0,11 \times i + 0,02 \times i \times V_2, \quad (8)$$

где pHk и pHa – катодная и анодная составляющие водорода; V_2 – скорость протока раствора; i – плотность тока.

Из полученных уравнений регрессии следует, что основное влияние на величину pHk и pHa оказывает скорость протока раствора через электролизер. С увеличением скорости протока раствора рН катодной воды уменьшается, а рН анодной воды увеличивается. Увеличение плотности тока приводит к увеличению рН катодной воды и уменьшению рН анодной воды. Большое абсолютное значение коэффициентов при скорости указывает на то, что на рН катодной и анодной воды преимущественное влияние оказывает скорость протока воды [3].

В заключение можно сказать, что электрохимическая очистка имеет ряд преимуществ по сравнению с альтернативными механическими, химическими и биологическими методами. Эти преимущества заключаются в интенсивности, устойчивости, контролируемости и удобном регулировании процессов, а также простоте конструкции аппаратуры. Поэтому установки для электрохимической очистки компактны, имеют высокий уровень безотказности, требуют простой эксплуатации и могут быть полностью автоматизированы.

Электрохимическая очистка обычно оказывается более выгодной для установок малой производительности (до нескольких десятков кубических метров в час).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кульский Л.А. Очистка воды электрокоагуляцией / Л.А. Кульский, П.П. Строкач, В.А. Слипченко и др. Киев: Будивельник, 1978. 112 с.
2. Смирнов Д.Н. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов / Д.Н. Смирнов, В.Е. Генкин. М.: Металлургия, 1980. 196 с.
3. Семенов В.Д. Электрохимически активированная вода в технологии цементных систем / В.Д. Семенов, Г.Д. Семенова, А.Н. Павлова, Ю.С. Саркисов; под ред. Ю.С. Саркисова. Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиозлектроники, 2007. 251 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАМКНУТОГО УСИЛИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МНОГОЗОННОЙ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ

А.И. Темчук, студент, В.А. Федотов, зав. лаб. ГПО

Научный руководитель В.Д. Семёнов, зам. зав. каф. ПрЭ, к.т.н., проф.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, alexander.temchuk@gmail.com

Проект ГПО-0732

В настоящее время бурно развиваются, в том числе и в энергетике, системы, включающие в себя реальные устройства и модели. Для того чтобы связать модель, например энергетической системы с реальной системой релейной защиты и автоматики, требуются усилители напряжения и тока. Основным требованием к таким усилителям является неискажённая передача сигнала от модели к реальному оборудованию при постоянстве коэффициента передачи в заданном диапазоне частот.

В работе [2] рассмотрен пример реализации такого усилителя. В настоящей статье представлены результаты исследования усилителя напряжения на его математической модели, построенной в среде Matlab/Simulink.

С точки зрения классической теории автоматического управления для получения характеристик замкнутой системы регулирования, а в данном случае импульсного усилителя, охваченного обратной связью, необходимо получить его передаточную функцию. Для этого необходимо линеаризовать его импульсные части. После получения передаточной функции линеаризованной импульсной системы предоставляется возможность синтеза необходимых корректирующих звеньев для обеспечения заданной точности и устойчивости [1].

В среде Mathcad была получена передаточная функция исследуемого усилителя без обратной связи. Далее, используя теорию автоматического управления, был произведен синтез корректирующих устройств для замкнутого контура, а также исследована устойчивость системы.

Дальнейшей целью исследования усилителя является построение в среде Matlab/Simulink его нелинейной модели, в которой используются полученные корректирующие звенья.

Нелинейная модель, представленная на рис. 1, включает в себя четыре последовательно подключенных мостовых инвертора на идеальных ключах с обратными диодами. Каждый инвертор имеет свой источник питания с напряжением 75 В. Выход первого инвертора подключен к земле, выход четвертого – к Г-образному фильтру, в дросселе которого учтено активное сопротивление обмотки. Активная нагрузка «Rload» с сопротивлением 900 Ом подключена параллельно

конденсатору фильтра. Напряжение на нагрузке снимается при помощи датчика «Voltage Measurement» и подается на входной сумматор через делитель «Gain1». Сумматор вычитает из входного ослабленный выходной сигнал и подает его на корректирующее звено. Сигнал с корректирующего звена поступает на систему управления, которая управляет четырьмя инверторами. К первому входу осциллографа «Scope» подключено выходное напряжение до фильтра. Ко второму входу осциллографа подключено напряжение на нагрузке и входное напряжение, усиленное в 30 раз блоком «Gain3». Такое включение осциллографа позволит наблюдать на одной диаграмме выходное напряжение до фильтра, а на другой – выходное напряжение после фильтра и входное напряжение, усиленное в 30 раз.

Так как блок «Gain3» усиливает сигнал без искажений, то мы получим возможность визуально оценивать искаженность выходного сигнала усилителя.

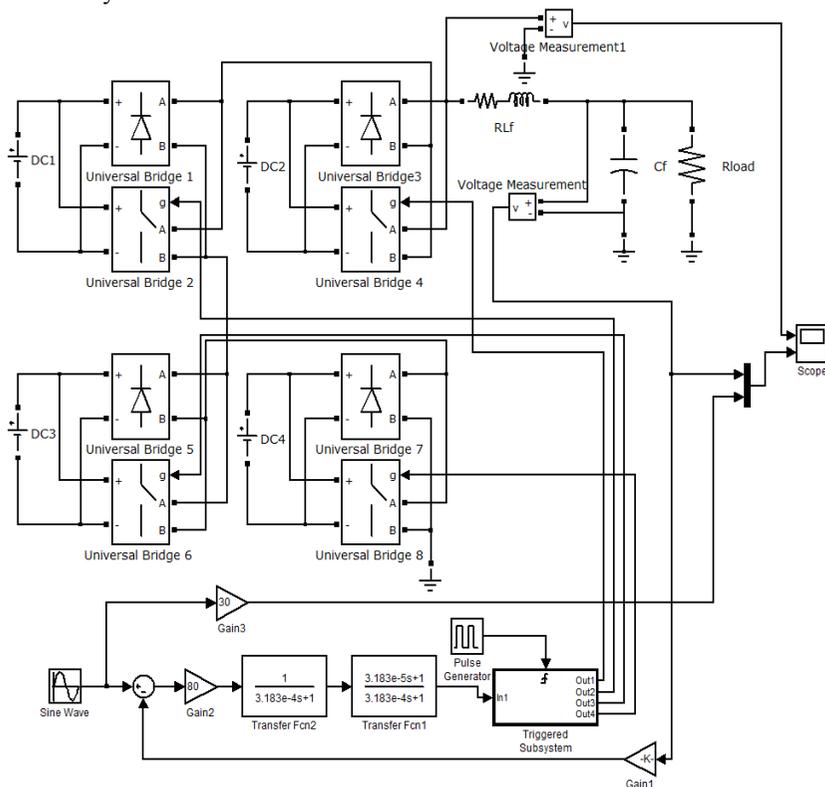


Рис. 1. Математическая модель импульсно-модуляционного усилителя в среде Matlab/Simulink

На рис. 2 представлены результаты моделирования при задающем синусоидальном сигнале амплитудой 10 В и частотой 100 Гц.

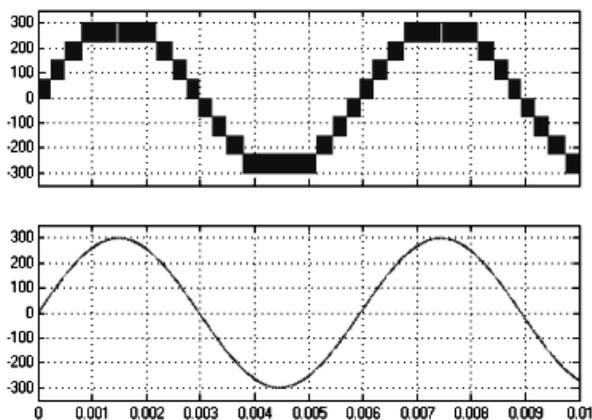


Рис. 2. Усиление синусоидального сигнала амплитудой 10 В частотой 100 Гц

На рис. 3 представлены результаты моделирования при задающем синусоидальном сигнале амплитудой 10 В и частотой 800 Гц.

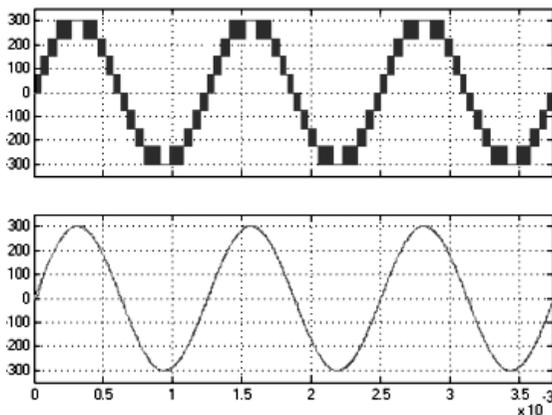


Рис. 3. Усиление синусоидального сигнала амплитудой 10 В частотой 800 Гц

На рис. 4 представлены результаты моделирования при смешанном гармоническом задающем сигнале с постоянной составляющей.

Так как во всех случаях выходной сигнал после фильтра накладывается на входной сигнал, усиленный без искажений в 30 раз, то можно сделать вывод о высокой точности коэффициента усиления K_U и малом отклонении фазы φ . Анализируя результат моделирования более сложного смешанного гармонического сигнала, можно также от-

СЕКЦИЯ 13

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Председатель секции – Ехлаков Ю.П., проректор по информатизации и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор,
зам. председателя – Сенченко П.В., декан ФСУ, доцент
каф. АОИ, к.т.н.*

РАЗРАБОТКА МНОГОЯЗЫКОВОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЛЯ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА

*Ю.И. Аксенов, В.И. Маковкин, И.Ю. Пудуль, студенты,
Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н., О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, soulvzk@gmail.com,
aafriendlyaa@gmail.com, svigani4ok@gmail.com*

При финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках мероприятия 2.4 федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы», государственного контракта № 07.524.11.4013 коллективом кафедры автоматизации обработки информации ТУСУРа разработана веб-ориентированная геоинформационная система формирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры [1]. Даная система уже нашла потребителей на внутреннем рынке, но между тем ее качество и функциональные возможности вполне могут быть востребованы и на международном рынке. В связи с этим возникает потребность разработки и внедрения модуля для возможности локализации системы под требуемый иностранный язык.

Для реализации подобных модулей логично использовать отдельный файл, в котором записаны требуемые языковые константы. По желанию разработчика это может быть как база данных, так и бинарные данные, заданные разработчиком. При этом для каждого языка можно использовать как отдельный файл, так и хранить все в одном. Реализация зависит от количества языковых констант и требования к скорости. При этом желательно сделать это максимально переносимым и удобным для редактирования человеком, далеким от системы.

Основываясь именно на этом, авторы остановили свой выбор на xml-файле [2]. Xml-файл по сути является разновидностью разметки, и в нем можно задать ряд правил для оформления строк, а затем без значительных затрат добавлять как новые константы, так и новые языки. При этом достаточно просто иметь требуемый xml-файл на сервере без дополнительных установок, в отличие от использования базы данных. Данный подход несколько проигрывает в скорости чтения, чем при использовании бинарного файла, но гораздо удобнее при редактировании.

Разметка в файле выглядит следующим образом:

```
<element name=«fist_title»>
  <string lang=«ru»>привет мир</string>
  <string lang=«en»>hello world</string>
</element>
```

Представленный код демонстрирует простую языковую константу. Каждая константа имеет свое имя, как, например, aut_title, затем само значение для каждого языка. Для облегчения внедрения модуля многоязыковой поддержки в систему авторами предложено использовать ассоциативный массив [3].

Программный код веб-системы разделяют на клиентский и серверный. Когда файл находится на сервере, то его обработкой занимается сервер, клиентская часть же получает уже готовые данные в формате json по правилу ключ–значение, соответственно модуль состоит из php и js-скриптов. При инициализации системы выбирается требуемый язык, сервер считывает только необходимые данные и отправляет их на клиент, он же формирует интерфейс уже на нужном языке. При этом интерфейсные элементы создаются не только при помощи javascript, поэтому серверная часть модуля разбита как для ajax-запроса, так и для использования внутри серверной части системы по тем же правилам.

Используя данный модуль, формируется требуемый набор языковых констант, которые потом подставляются в необходимые места в скриптах серверной и клиентской части системы. После чего система готова для использования на новом языке интерфейса.

Внедрение данного модуля существенно расширяет границы использования разработанной веб-ориентированной геоинформационной системы формирования и мониторинга электронного генерального плана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гриценко Ю.Б. Архитектура веб-ГИС-сервера для ведения электронного генерального плана инженерной инфраструктуры / Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский, М.М. Милихин // Качество. Инновации. Образование. 2012. № 12. С. 97–101.

2. Extensible Markup Language (XML) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.w3.org/XML/> (дата обращения: 11.03.2013).

3. Ассоциативный массив [Электронный ресурс]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Ассоциативный_массив (дата обращения: 11.03.2013).

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В СТРУКТУРНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ МИБС

А.Н. Бархатов, А.Э. Чумаков, студенты

Научный руководитель А.С. Карауш, доцент

г. Томск, ТУСУР, каф. РЗИ, a.n.barkhatov@gmail.com

*Проект ГПО РЗИ-1102 – «Протоколы автоматизированных
информационных библиотечных систем»*

В настоящее время сотрудники подразделений МИБС для обмена документами пользуются почтой и съемными носителями. Пользоваться почтой небезопасно, т.к. к ней имеют доступ все сотрудники подразделений. Использование съемных носителей неудобно, т.к. структурные подразделения находятся далеко друг от друга и на обмен документами уходит много времени.

Утечка конфиденциальной информации может повлечь за собой убытки организации. В отличие от традиционного «бумажного» документооборота СЭД обеспечивает доступ к документам строго в соответствии с назначенными правами пользователей, все действия над документом (чтение, изменение) протоколируются.

На поиск нужных документов и информации при наличии системы электронного документооборота тратится значительно меньше времени по сравнению с традиционным бумажным делопроизводством, доступ к электронному документообороту можно получить с любого ПК сотрудников структурных подразделений.

Наша система позволит обмениваться документами в реальном времени и более безопасным путем. У каждого сотрудника будет свой логин и пароль, при загрузке документа на сайт пользователь сам настраивает права доступа к документу, что исключит несанкционированный доступ других лиц к документам структурного подразделения.

Для создания системы электронного документооборота мы использовали систему управления контентом, сокращенно CMS – это универсальная, специальная платформа, которая дает возможность создать Web-сайт любого уровня сложности.

Нами была выбрана CMS Joomla – одна из самых популярных бесплатных систем управления сайтом (CMS). Её достоинства: бесплатность; все исходные коды Joomla являются открытыми; простота установки CMS и изменения дизайна сайта; легкость управления сайтом на этом движке; изобилие всевозможных модулей и компонентов для этой CMS; регулярное обновление Joomla.

Настройка реальной системы.

Мы установили CMS Joomla, создали пользователей и распределили права доступа: можно организовать доступ ко всему или части архива посетителям сайта. В зависимости от принадлежности пользователя к той или иной группе Joomla! и самого компонента – пользователи могут: читать описание документа; просматривать документ в браузере и скачивать его; изменять документ, закачивая его новую версию; удалять документ и создавать новый; «одобрять» документ и опубликовывать его на сайте.

Также была установлена отдельная система файлового хранилища DOCspan и перенастроена для работы с документами.

Мы разграничили права доступа пользователей к документам: при загрузке файла пользователь задает группу или отдельного пользователя, которые будут иметь доступ к этому файлу.

Для безопасности время сессии составляет 10 минут, если пользователь отходит от рабочего места более чем на 10 минут, ему приходится заново авторизоваться. Неавторизованный пользователь не имеет доступа к файлам. Авторизованный пользователь видит файлы из группы, в которой он состоит.

После переноса системы электронного документооборота на сервер МИБС и её тестирования мы приступили к её внедрению в структурные подразделения МИБС. Для этого нами были сделаны следующие действия:

- создание групп пользователей для каждого структурного подразделения;
- создание новых пользователей (у каждого сотрудника личный аккаунт для разграничения прав доступа и невозможности доступа к документам посторонних лиц);
- ознакомление сотрудников с интерфейсом системы электронного документооборота и её возможностями.

После начала работы сотрудников с системой у них возникают различные вопросы. Поэтому в настоящее время с некоторыми сотрудниками проводятся консультации. Одним из главных направлений наших действий будет улучшение безопасности обмена файлами между структурными подразделениями, а также глубокое внедрение системы электронного документооборота в организацию.

ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕПЛИКАЦИИ В БАЗАХ ДАННЫХ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ТИПА

В.А. Дунаев, адъюнкт

г. Орёл, Академия ФСО России, dunaev-ktn@yandex.ru

В исследованиях А.И. Иванова, В.В. Кульбы [1, 2], посвященных вопросам функционирования распределенных баз данных, обосновывается выбор системы свойств распределенных баз данных:

1. Целостность РБД – это способность данных в РБД сохранять однозначность и информационное содержание.
2. Полнота РБД – это возможность выборки из РБД необходимого количества информации.
3. Достоверность – это степень соответствия данных из РБД реальному состоянию объектов предметной области.
4. Реактивность – это способность в среднем удовлетворять запросы за время, не превышающее декларативное.
5. Защищенность – это способность РБД сохранять информацию в неизменном виде при наличии воздействий различного характера.

Поскольку РБД разрабатываются и внедряются в первую очередь с целью повышения оперативности решения задач в информационных системах, то в качестве доминирующего свойства РБД признают ее реактивность [3].

Согласно приказу Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 2 сентября 2011 г. № 221 г. рекомендованное время доступа к системе электронного документооборота федеральных органов исполнительной власти не должно превышать трех секунд [4]. В исследованиях А.И. Губинского приводится обоснование наиболее удобного для пользователей, с эргономической точки зрения, временного интервала отклика информационных систем: две-четыре секунды [5]. Данные рекомендации распространяются и на системы, построенные на базе технологий РБД. Таким образом, наиболее эффективное рекомендованное время отклика РБД на запросы должно лежать в диапазоне от двух до трех секунд.

При функционировании РБД основная нагрузка на телекоммуникационную подсистему создается реплицируемыми данными и удаленными запросами/ответами. Однако с учетом алгоритмов оптимального размещения данных по удаленным серверам РБД доля удаленных запросов среди всего множества запросов пользователей минимальна [6]. Основная нагрузка на телекоммуникационную подсистему создается процессом репликации. В случаях, когда интенсивность обновления данных в распределенной системе велика, а доступная пропускная способность относительно мала, возможны ситуации возникновения

дефицита пропускной способности сети и как следствие ухудшение реактивности РБД.

Серверы РБД содержат 2 типа данных: участвующие в процессе репликации и не задействованные в нем.

В процессе функционирования РБД, по мере поступления заявок на обновление данных, фрагменты реплик теряют свою актуальность. Если запрос на выборку данных попадает в промежуток времени, когда данные в локальном узле РБД неактуальны, то запрос передается на удаленный сервер с актуальными данными. После чего происходит передача копии актуального фрагмента реплики с удаленного сервера РБД на локальный и ее фиксация.

Так как характеристики отдельных фрагментов реплик различны, то в РБД с репликацией в режиме реального времени, в условиях ограниченной доступной пропускной способности сети время отклика системы на запросы к реплицирующимся данным будет меняться в широком диапазоне значений. При этом некоторые запросы будут иметь существенную задержку отклика, тогда как другие будут выполняться намного быстрее. На практике это проявляется в превышении требуемых значений времени отклика РБД для запросов к некоторым фрагментам реплики.

При дифференцированном подходе к обслуживанию фрагментов реплик с различными характеристиками можно добиться уменьшения дисперсии времени отклика РБД, что особенно важно для систем с ограниченной доступной пропускной способностью телекоммуникационной подсистемы, когда время отклика РБД существенно отличается для различных фрагментов реплик.

В результате возникает противоречие, выраженное в несоответствии времени отклика РБД, в условиях ограниченной доступной пропускной способности сети, требуемым значениям при запросах к фрагментам с наименьшим временем отклика.

Таким образом, имеется задача минимизации максимального среднего времени отклика РБД на запросы среди всех фрагментов реплики.

Решение данной задачи возможно за счет искусственного введения некоторой задержки проведения репликации в режиме реального времени для фрагментов реплики с наименьшим средним временем отклика на запросы. Однако при увеличении задержки проведения репликации фрагмента реплики вероятность обслуживания запроса к этому фрагменту по удаленному циклу увеличивается, но время занятости телекоммуникационной подсистемы РБД уменьшается, так как телекоммуникационная подсистема с меньшей вероятностью занята обслуживанием процесса репликации. И, наоборот, при уменьшении задержки проведения репликации фрагмента реплики вероятность об-

служивания запроса к этому фрагменту реплики по удаленному циклу уменьшается, а время занятости телекоммуникационной подсистемы РБД увеличивается, так как телекоммуникационная подсистема с большей вероятностью занята обслуживанием процесса репликации.

Решение данной задачи возможно на основе теории восстановления, в рамках альтернирующих процессов и применении класса алгоритмов случайного множественного доступа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А.Ю. Обеспечение выполнения требований к информационным системам МЧС России на основе структурной адаптации распределенных баз данных // Вестник Санкт-Петербургского института. ГПС МЧС России. 2005. № 3 (10). С. 41–46.
2. Кульба В.В. Теоретические основы проектирования оптимальных структур распределенных баз данных. М.: СИНТЕГ, 1990. 660 с.
3. Иванов А.Ю. Мобильные распределенные базы данных автоматизированных информационно-управляющих систем МЧС России: дис. ... д-ра т.н. СПб., 2009.
4. Приказ Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (Минкомсвязь России) от 2 сентября 2011 г. № 221, г. Москва, «Об утверждении Требований к информационным системам электронного документооборота федеральных органов исполнительной власти, учитывающих в том числе необходимость обработки посредством данных систем служебной информации ограниченного распространения».
5. Губинский А.И., Лаушкин Г.Д., Падерно П.И. Характеристики человека как звена систем управления: учеб. пособие. Л.: ЛЭТИ, 1982. 47 с.
6. Кухарев В.Н. Модели и алгоритмы распределения реплицированных баз данных в информационных системах: дис. ... к.т.н. Новочеркасск, 2007.

ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ ТИПА ТАКАГИ–СУГЕНО МОДИФИЦИРОВАННЫМ АЛГОРИТМОМ МНОГОМЕРНОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ

А.А. Голубева, аспирант

*Научный руководитель Ю.Б. Гриценко, ст. преподаватель, к.т.н., доцент
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, Sasha_karateka@mail.ru*

Известно, что нечеткое моделирование включает два основных этапа: идентификацию структуры и идентификацию параметров нечеткой системы. Остановимся более подробно на идентификации структуры. Идентификация структуры – это определение таких характеристик нечеткой системы, как число нечетких правил, количество лингвистических термов, на которое разбиты входные и выходные переменные. Структурная идентификация также является традицион-

ным этапом для технологии нечетких систем. На нем осуществляется формирование приближенной модели объекта и ее грубая настройка путем построения базы знаний по исходной информации [1].

На этапе структурной идентификации для инициализации антецедентов и консеквентов правил для различных типов нечетких систем используется достаточно большое количество методов.

В данной статье представлен модифицированный алгоритм многомерной линейной регрессии для инициализации консеквентов правил для нечеткой системы типа Такаги–Сугено.

Алгоритм инициализации нечеткой системы типа Такаги–Сугено модифицированным алгоритмом многомерной линейной регрессии

k – номер строки матриц, $k = 1, m$;

J – номер столбца матриц, $j = 1, n$;

M – количество строк в таблице наблюдений (количество наблюдений);

n – количество входных параметров в таблице наблюдений (количество признаков);

Вход: таблица наблюдений, база правил.

Выход: консеквентов правил.

Шаг 1. Задаем начальные параметры p ближайших точек.

Шаг 2. Для i -го правила находим p ближайших точек по формуле

$$l_{mi} = \sqrt{(\arg(\mu_{A_{1i}}(x_{1m})) - x_{1m})^2 + (\arg(\mu_{A_{2i}}(x_{2m})) - x_{2m})^2 + \dots + (\arg(\mu_{A_{nj}}(x_{nm})) - x_{nm})^2}.$$

Шаг 3. Для i -го правила определяем матрицу X_i и Y_i по формулам

$$X_i = \begin{bmatrix} 1 & \dots & \arg(\mu_{A_{ni}}(x_n)) \\ 1 & \dots & \dots \\ 1 & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}, \quad Y_i = \begin{bmatrix} f_i(x_1, \dots, x_n) \\ y_{ik} \\ \dots \\ y_{ip} \end{bmatrix}.$$

Шаг 5. Если $\det(X_i^T X_i) \neq 0$, то найти обратную матрицу $(X_i^T X_i)^{-1}$ и перейти на шаг 7, иначе шаг 6.

Шаг 6. Удаляем нулевые и линейно зависимые столбцы и строки матриц $(X_i^T X_i)$, X_i и переходим на шаг 5.

Шаг 7. Для каждого i -го правила находим i -й элемент матрицы по формуле $Q_i = (X_i^T X_i)^{-1} X_i Y$.

Шаг 8. Выход.

Модификация алгоритма многомерной линейной регрессии инициализации нечеткой системы типа Такаги–Сугено

При исследовании влияния алгоритма многомерной линейной регрессии для инициализации системы нечеткого вывода типа Такаги–Сугено на вычисление консеквентов правил и ошибки вычисления был обнаружен ряд проблем.

По результатам исследований на реальных данных возникают ситуации, при которых определитель искомой матрицы Q_i равен 0. Данная ситуация свидетельствует о невозможности проведения расчета обратной матрицы, что в свою очередь говорит о невозможности расчета матрицы Q .

Матрица Q является матрицей столбцом, элементы которой векторы. Каждый вектор – это значение консеквентов соответствующего правила.

Для решения этих проблем разработанный алгоритм был модифицирован следующим образом:

1. Исключены нулевые столбцы и строки матриц $(X_i^t * X_i)$ и X_i .
2. Исключены линейно зависимые столбцы и строки матриц $(X_i^t * X_i)$ и X_i .

Заключение. На основании вышеизложенного был разработан и реализован алгоритм инициализации нечеткой системы типа Такаги–Сугено модифицированным алгоритмом многомерной линейной регрессии.

Для исследования процесса параметрической идентификации проводились эксперименты на разработанном алгоритме. Исследование алгоритма инициализации нечеткой системы типа Такаги–Сугено проводилось при решении задачи аппроксимации, суть исследования заключалась в оценке эффективности методов инициализации и обучения.

Результаты исследований показали, что разработанная модификация алгоритма многомерной линейной регрессии позволяет снизить ошибку на порядок по сравнению с начальной. Позволяет использовать алгоритм без ограничений оригинального алгоритма многомерной линейной регрессии.

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 научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы». Проект «Разработка Web-ориентированных геоинформационных технологий фор-

мирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры», государственный контракт № 07.524.11.4013 от 03 ноября 2011 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ходашинский И.А. Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // Проблемы управления. 2009. № 4. С. 15–23.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ

Е.И. Грибков, А.В. Кривоусов, студенты

Научный руководитель М.П. Силич, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, wild.cokie@gmail.com

*Проект ГПО АОИ-1202 – «Информационная система анализа
энергетической эффективности региона»*

В настоящее время повышение уровня энергоэффективности является одним из приоритетных направлений модернизации и технологического развития экономики страны. Улучшение ситуации в сфере энергетики позволит более эффективно управлять ресурсами, что приведет к увеличению потенциала экономики России и снижению тарифов на тепловую и электрическую энергию.

Для эффективного проведения мероприятий по повышению энергоэффективности в муниципальных образованиях (МО) необходима оценка текущей ситуации. Методика, описанная в работах [1, 2], предлагает использовать для описания текущего положения в МО оценку ключевых факторов, влияющих на эффективность и уровень использования энергетических ресурсов. Перечень таких факторов формируется экспертами.

Нечеткие оценки уровня энергоэффективности выводятся с помощью фаззификации значений индикаторов, характеризующих тот или иной фактор. Индикаторами служат статистические показатели эффективности производства и потребления различных видов энерго-ресурсов.

Особенности различных МО описываются выделением экспертами особых «территориальных» факторов, которые показывают объективные потребности в энергоресурсах и имеющийся потенциал энергосбережения. Например, можно выделить группы МО с различными климатическими, социальными условиями и т.д. Каждый «территориальный» фактор характеризуется набором измеримых показателей,

которые затем выступают в роли признаков процедуры кластеризации, разделяющей МО на кластеры со схожими условиями. Затем для каждого кластера составляется свой набор функций принадлежности (ФП).

В рамках данной работы предлагается способ автоматического построения функции принадлежности на основе примеров. Алгоритм учитывает распределение значений индикатора при построении ФП, что позволяет получать более качественные оценки факторов.

Алгоритм построения таков:

1. Для каждой группы МО со схожими территориальными условиями проводится кластеризация по значениям индикатора.
2. В каждом кластере рассчитывается среднее арифметическое μ и среднеквадратичное отклонение σ .
3. Крайняя левая ФП задается уравнением

$$U_L(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \leq \mu_L \\ \frac{\mu_M - \sigma_M - x}{\mu_M - \sigma_M - \mu_L}, & \text{если } \mu_L < x < \mu_M - \sigma_M \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

4. Крайняя правая ФП:

$$U_R(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq \mu_M + \sigma_M \\ \frac{x - \mu_M - \sigma_M}{\mu_R - \mu_M - \sigma_M}, & \text{если } \mu_M + \sigma_M < x < \mu_R \\ 1, & \text{иначе} \end{cases}$$

5. Центральная ФП:

$$U_M(x) = \begin{cases} \frac{\mu_L + \sigma_L - x}{\mu_L + \sigma_L - \mu_M + \sigma_M}, & \text{если } \mu_L + \sigma_L < x < \mu_M - \sigma_M \\ 1, & \text{если } \mu_M - \sigma_M < x < \mu_M + \sigma_M \\ \frac{x - 2\mu_M - 2\sigma_M + \mu_R - \sigma_R}{\mu_R - \sigma_R - \mu_M - \sigma_R}, & \text{если } \mu_M + \sigma_M < x < \mu_R - \sigma_R \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

В качестве демонстрации работы алгоритма было проведено построение ФП для оценки фактора «Энергоемкость региона». Индикатором фактора выступила энергоемкость производства одного миллиона ВРП без учета чистых налогов, «территориальным» фактором была выбрана степень электроемкости производства.

Сначала МО были разделены на группы с похожими внешними условиями при помощи процедуры кластеризации. Результат представлен на рис. 1.



Рис. 1. Результат кластеризации по степени электроемкости производства

Затем при помощи предложенного алгоритма для каждого кластера был построен свой набор ФП. На рис. 2–4 показаны получившиеся ФП для кластеров с низким, средним и высоким значением показателя фактора.

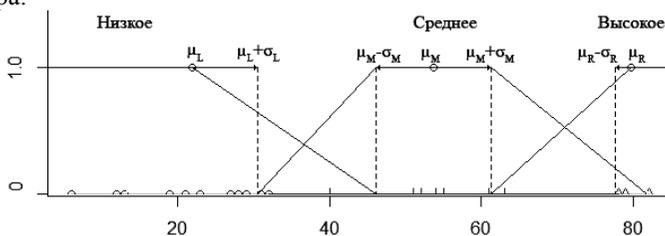


Рис. 2. ФП для кластера с низким значением показателя электроемкости

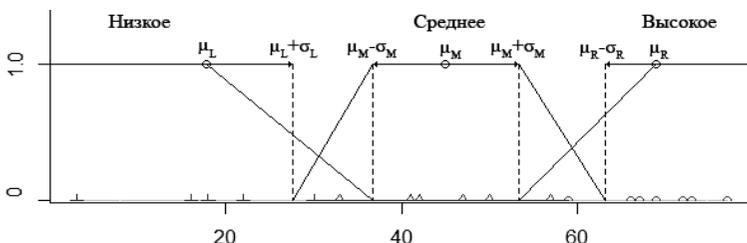


Рис. 3. ФП для кластера со средним значением показателя электроемкости

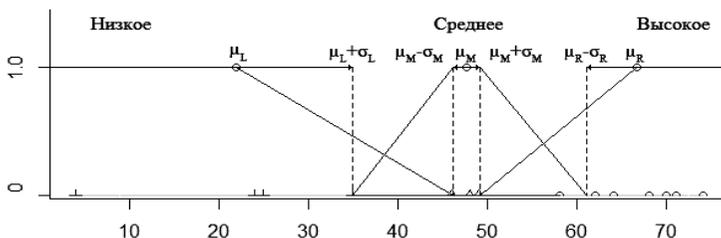


Рис. 4. ФП для кластера с высоким значением показателя электроемкости

Результаты работы предложенного алгоритма свидетельствуют о возможности его применения для оценки энергоэффективности в МО. Можно увеличить количество функций принадлежности для каждого фактора, что позволит получать более «сглаженные» оценки (например, «между средним и низким»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Скрябин В.И., Силич М.П. Анализ энергоэффективности территориальных образований на основе кластеризации // Актуальные научные вопросы: реальность и перспективы: матер. междунар. заоч. науч.-практ. конф. Ч. 5. Тамбов, 2011. С. 127–129.
2. Оценка ситуации с энергетической эффективностью в муниципальных образованиях на основе диаграммы влияния факторов / М.П. Силич, В.А. Силич, С.В. Аksenov, В.С. Ахмедов // Энергобезопасность и энергосбережение. 2012. №3. С. 9–14.

МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА QUICK SHIFT ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

М.А. Колосовский, аспирант, Е.Н. Крючкова, проф., к.ф.-м.н.

г. Барнаул, Алтайский ГТУ, каф. ПМ, maxim.astu@gmail.com

В данной работе представлен распределенный алгоритм сегментации изображений, способный сегментировать изображения высокого разрешения, используя компьютер с обычным объемом памяти и вычислительной мощностью или кластер из таких компьютеров. Алгоритм протестирован на кластере с использованием изображений более 100 мегапикселей, исследованы свойства и ограничения алгоритма.

Сегментацией изображения называется выделение областей изображения, объединенных по какому-либо признаку. В частности, семантическая сегментация – это выделение целых объектов, присутствующих на изображении, т.е. объединение пикселей, имеющих одинаковое семантическое значение. В качестве начального этапа выполнения семантической сегментации удобно выполнять пересегментацию, т.е. разбиение изображения на гораздо более мелкие регионы, чем семантические объекты. Зачастую это области с общим цветом и/или текстурой. Такие области называются суперпиксели [1]. Представление изображения в виде суперпикселей более компактно и удобно для последующей обработки.

Некоторые изображения, сделанные со спутников при помощи наземных телескопов, электронных микроскопов или специализированных фотокамер, могут иметь крайне высокое разрешение. Размер таких изображений может составлять несколько десятков гигабайт. Основная проблема сегментации изображений очень высокого разрешения состоит в невозможности хранить сразу всё изображение в памяти, что необходимо большинству алгоритмов сегментации. Предлагаемый алгоритм спроектирован как распределенная система с одним сервером и несколькими рабочими узлами, связанными с сервером по локальной сети. Сервер разбивает изображение на блоки, рассылает их

по рабочим узлам и, получив все сегментации от узлов, объединяет в единую сегментацию. Основная сложность такой реализации в завершающем этапе, а именно в объединении частей суперпикселей, лежащих на пересечении нескольких блоков. Сегментация отдельных блоков основана на реализации алгоритма Quick Shift [2], доступной в библиотеке VLFeat [3]. Сервер отправляет узлам не только сам блок, но и часть пикселей смежных блоков, необходимых для сегментации данного блока. В свою очередь рабочий узел, обработав блок, отправляет обратно серверу не только сегментацию самого блока, но и информацию об объединении суперпикселей этого блока с суперпикселями соседних блоков (рис. 1).

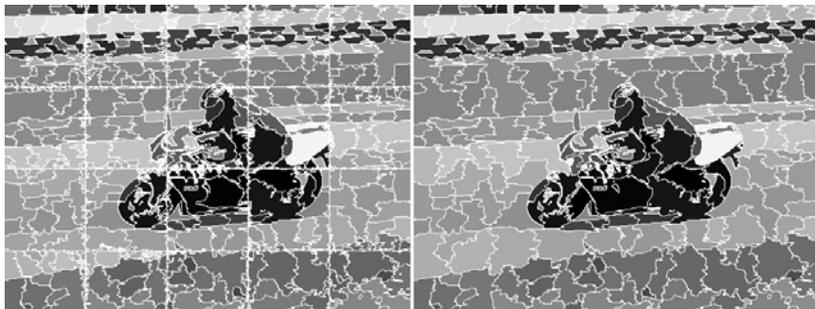


Рис. 1. Сегментация до объединения суперпикселей из разных блоков и после

Результаты работы представленного алгоритма на небольших изображениях идентичны результатам оригинальной реализации, т.е. имеют то же качество сегментации, но представленный алгоритм способен обрабатывать на несколько порядков большие изображения.

Алгоритм был протестирован на кластере из 17 компьютеров, соединенных локальной сетью, имеющих следующую конфигурацию:

- 6 машин с Intel Celeron 2.13GHz, 500M RAM;
- 6 машин с Pentium Dual CPU 1.6GHz, 1G RAM;
- 4 машины с Celeron 2.53GHz, 1G RAM;
- Intel Core i5-2300 2.8GHz, 2G RAM (сервер).

Эксперименты проводились на изображениях размером до 123 мегапикселей. На рис. 2 изображен график зависимости времени работы от размера изображения в мегапикселях. Заметим, что до размера в 16 мегапикселей время работы практически не меняется. Это связано с тем, что каждый узел получает не более одного блока для сегментации, т.к. число узлов в кластере равно 16, а размер каждого блока не более одного мегапикселя. Таким образом, за время обработки происходит ровно одна рассылка-получение блоков сервером. В общем случае время работы приблизительно равно $\lceil B/U \rceil \cdot T$, где B – количество

блоков; U – количество узлов в кластере; T – примерное время обработки одного блока одним узлом. Однако с увеличением количества блоков эта функция сглаживается, превращаясь из ступенчатой в линейную.

Время работы, сек

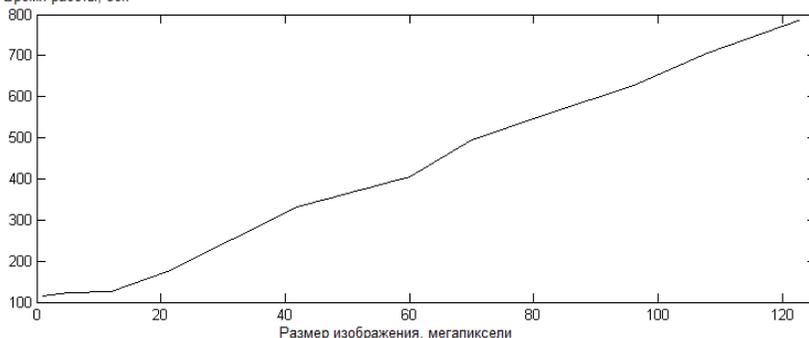


Рис. 2. Зависимость времени работы алгоритма от размера изображения

Производительность распределенного алгоритма зависит от размера блоков, на которые разделяется изображение. Эксперименты показали наибольшую эффективность блоков размером 1000x1000 пикселей. Размер блоков также влияет на равномерность загрузки рабочих узлов системы. Так, например, если размер блоков настолько велик, что каждый узел получит на обработку только по одному блоку, то более быстрые узлы быстрее завершат работу и будут простаивать, т.е. мощность кластера будет задействована не полностью. Если же данные разбивать на более мелкие части, более быстрые узлы могут получить больше блоков, тем самым нагрузка на кластер будет более равномерной. С другой стороны, при большем количестве блоков будет больше суперпикселей, лежащих на пересечении блоков, что увеличит объем памяти, необходимый серверу для их обработки. К примеру, не все машины использованного кластера способны сегментировать блоки размером 3000 пикселей и более.

В качестве продолжения работы рассматривается увеличение эффективности использования памяти с целью сегментировать изображения еще больших размеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Forsyth D., Ponce J., Computer vision. A modern approach (2 nd edition). N.Y.: Prentice Hall, 2011. 792 p.
2. Quick Shift and Kernel Methods for Mode Seeking / Vedaldi A., Soatto S. // Proceedings of the 10th European Conference on Computer Vision (ECCV). – Marseille, France. 12–18 October, 2008. P. 705–718.

3. VLFeat: An open and portable library of computer vision algorithms / Vedaldi A., Fulkerson B. // Proceedings of 18th Annual ACM International Conference on Multimedia (ACM MM). Firenze, Italy. 25-29 October, 2010. P. 1469–1472.

МЕТОДИКА РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА К СОДЕРЖИМОМУ ОФИСНЫХ ДОКУМЕНТОВ, БАЗИРУЮЩИХСЯ НА XML-ФОРМАТЕ

И.М. Кудинов

г. Орёл, Академия ФСО России, lebedenko_eugene@mail.ru

Необходимость защиты конфиденциальной информации в современных системах электронного документооборота является очень актуальной. Проводимые исследования показывают, что большая часть угроз информационной безопасности в информационных системах связана с попытками получения доступа к информации, содержащейся в циркулирующих в системе документах.

Применение комплексных мер обеспечения информационной безопасности, таких как многоуровневое разграничение доступа к информационным ресурсам, антивирусная защита, отслеживание сетевых атак на систему электронного документооборота, существенно снижает риск таких угроз. Зачастую, однако, комплекс этих мер ориентирован на работу с документом целиком как единицей защиты данных. В то же время в ряде случаев (широкомасштабные проекты, документы с многоуровневой конфиденциальностью) возникает потребность в разграничении доступа разных категорий пользователей к различным частям документа [1].

Развитые системы разграничения доступа поддерживают данную функцию, но в качестве одной из целого комплекса мер защиты данных. Применение таких систем в информационных системах высшего и среднего уровней является оправданным, в то время как для информационных систем нижнего уровня эти решения являются дорогостоящими.

Одним из актуальных направлений, связанных со снижением стоимости технологии разграничения доступа к содержимому документов, циркулирующих в системе электронного документооборота, является использование метаданных документа. В случае проприетарных офисных форматов такое решение неприемлемо. Однако в случае форматов офисных документов, основанных на языке XML, существует возможность использования его структур для встраивания дополнительных метаданных, обеспечивающих механизм разграничения доступа к различным частям документа [2, 3].

В общем виде постановка задачи разработки методики разграничения доступа к содержимому офисных документов может быть представлена следующим образом. Существует система электронного документооборота (СЭД), в рамках которой циркулируют документы офисных форматов. Разрабатываемая методика разграничения доступа к содержимому офисных документов является одним из множества средств защиты информации (СЗИ).

Эффективности M методики, как СЗИ, определяется как

$$M = f(C_{ЭД}, C_{СЗИ}, P_{НСД}), \quad (1)$$

где $C_{ЭД}$ – стоимость информации в защищаемом электронном документе (ЭД); $C_{СЗИ}$ – стоимость разрабатываемого СЗИ; $P_{НСД}$ – вероятность несанкционированного доступа (НСД) к защищаемой в ЭД информации.

При этом критерий риска НСД к i -й части ЭД, состоящего из n частей, осуществляемый с использованием j -й методики НСД, можно определить как:

$$R = \sum_{i=1}^n C_{ЭД}^i P_{НСД}^j. \quad (2)$$

Коэффициент защищенности такого ЭД определяется как

$$K_Z = 1 - \frac{R_3}{R_{НЗ}}, \quad (3)$$

где R_3 – критерий риска НСД защищенного разрабатываемой методикой ЭД; $R_{НЗ}$ – критерий риска НСД незащищенного ЭД.

Требуется: разработать методику разграничения доступа к частям ЭД, базирующегося на стандарте языка XML, обеспечивающую выполнение условий:

$$K_Z \rightarrow \max \quad (4)$$

при

$$C_{СЗИ} \leq C_{СЗИ}^{mp}.$$

На основе исследования процесса разграничения доступа к части ЭД были разработаны этапы методики разграничения доступа.

В качестве исходного прототипа ЭД, для которого разрабатывались этапы методики, использовался документ WordprocessingML, являющийся составной частью стандарта OpenXML [4]. В качестве стандарта ЭЦП, применяемого в методике, использовался стандарт XMLDSig [4].

Разработанная методика состоит из двух частей:

1. Формирование связанного ЭД, содержащего подписанные составные части и МПД для разграничения доступа к ним.

2. Организация разграничения доступа к связанному ЭД.

Поскольку доступ к каждой из частей защищаемого контента ЭД, в соответствии с разработанной методикой, защищается на основе как дискреционного доступа к контенту (парольная защита на основе МПД), так и применения ЭЦП, то предполагаемыми видами угроз, связанных с НСД к ЭД, являются:

1. Взлом парольной защиты модуля аутентификации прав доступа.
2. Взлом ЭЦП.

Направлением дальнейших исследований является разработка программного прототипа модуля разграничения прав доступа, внедряемого в структуру программного обеспечения Microsoft Office 2010

ЛИТЕРАТУРА

1. Арлазоров В.Л. Документооборот. Концепции и инструментарий / В.Л. Арлазоров, Н.Е. Емельянов. М.: Едиторал УРСС, 2004. 208 с.
2. Завидов Б.Д. Электронная цифровая подпись. Правовое значение. Анализ законодательства и законопроектов. М.: Экзамен, 2001. 32 с.
3. Richard D. Brown. Digital Signatures for XML // Trade Working Group. May 1999. 36 p.
4. Augusto J. Devegili, Heres E. Valdivieso: Applying XML signatures to the definition of an XML schema for digital ballots //University Literana du Brasil, June 2008. 7 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ DBSCAN И GUSTAFSON–KESSEL ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЗВЕЗД БАЗ ДАННЫХ ЕВРОПЕЙСКОГО КОСМИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА

Д.Н. Лайком, студент

*Научный руководитель С.В. Аксёнов, доцент, к.т.н.
г. Томск, НИ ТПУ, каф. ОСУ, wedun@tpu.ru*

Анализ колоссальных объёмов астрофизической информации о физических параметрах и энергии объектов во внесземном пространстве предполагает нахождение групп объектов со схожими характеристиками. Для анализируемой предметной области решение задач кластеризации возрастает многократно как из-за большой размерности анализируемых факторов, так и из-за огромного количества пространства поиска. Количество объектов в фрагменте базы данных OGLE европейского космического агентства (ESA), предоставленного Новым университетом г. Лиссабона [1], превышает 100000 строк. Решение проблемы разделения на кластеры позволяет выявлять скрытые зави-

симости между анализируемыми особенностями (различными физическими характеристиками), недоступные для восприятия из-за большой размерности задачи. В работе представлен алгоритм распределения вычислений для этой задачи, позволяющий значительно ускорить обработку астрофизических данных.

Используемые методы. В основе работы метода Густаффсона–Кесселя лежит понятие близости объектов к центру предполагаемого кластера и предварительной сортировки объектов относительно этого центра. Формирование разрастающихся кластеров происходит на основе понятия плотности объектов. Для проведения сортировки объектов необходимо задать начальные условия – центры кластеров и сформировать матрицу нечеткого разбиения, а также точность и экспоненциальный вес. Предварительная сортировка объектов происходит в нескольких потоках. Отсортированные точки обрабатываются на узлах суперкомпьютерного кластера. Формирование конечных кластеров происходит методом DBSCAN [3]. Согласно этому методу для формирования кластера необходимо превысить порог плотности $minPts$. Предварительная сортировка позволяет выделить группы объектов, которые впоследствии образуют кластеры. Необходимость использования именно этого метода, основанного на некоторой заданной плотности объектов, обусловлена неравномерным распределением объектов и необходимостью поиска кластеров сложной формы. На рис. 1 представлен вариант формирования двух кластеров методом DBSCAN. При объединении оба этих кластера будут суммированы в один.

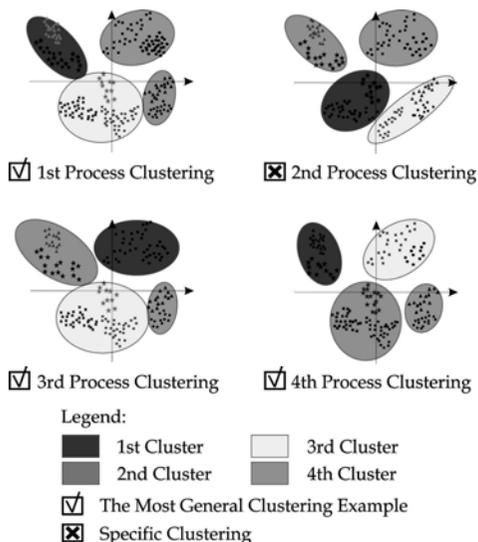


Рис. 1. Формирование кластеров на нескольких итерациях процесса кластеризации

Сам метод основан на следующих шагах. Алгоритм начинает работу с произвольной точки, которая еще не была посещена. Если ϵ -окрестность выбранной точки содержит достаточное количество объ-

ектов, то создается кластер. В противном случае точка обозначается как шум для ближайшего возможного кластера. Если точка оказывается частью кластера, то ее ε -окрестность также оказывается частью кластера. Таким образом, все точки, найденные в ε -окрестности, добавляются вместе со своими ε -окрестностями.

Реализация. Использование технологий распределенных вычислений на суперкомпьютерном кластере предполагает распределение данных между вычислительными узлами кластера. Для решения поставленной задачи были использованы технологии MPI.NET и Microsoft.Threading.Tasks.

Процесс кластеризации можно описать следующими шагами:

- Сформировать матрицу нечеткого разбиения.
- Рассчитать центры кластеров.
- Рассчитать матрицу ковариации.
- Рассчитать расстояние между объектами и центрами кластеров.
- Пересчитать элементы матрицы нечеткого разбиения.
- Передать сформированные группы объектов на узлы кластера.
- Проверить все объекты на возможность формирования кластеров методом DBSCAN.

Тестирование и результаты. Для проведения тестирования были использованы астрофизические данные, предоставленные Новым университетом г. Лиссабона [1].

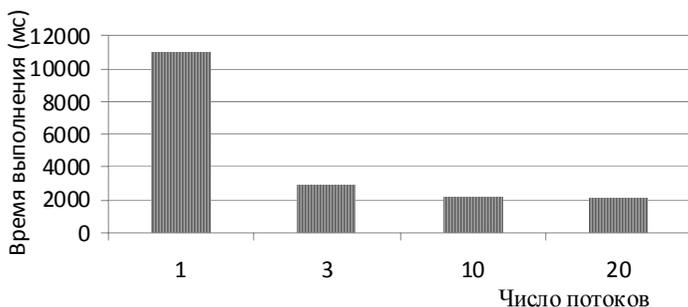


Рис. 2. Зависимость времени работы программы от числа потоков

Результаты тестирования подтверждают эффективность используемых методов DBSCAN и Gustafson – Kessel. Предварительная сортировка входных данных позволила увеличить производительность алгоритма DBSCAN.

Выводы. В результате проделанной работы было предложено решение задачи кластеризации данных методом DBSCAN с предварительной сортировкой объектов методом Густаффсона–Кесселя. Кла-

стеризация объектов является сложной и ресурсоемкой задачей. Предложенное решение позволяет повысить производительность метода и решить проблему некорректного формирования кластеров и может быть рекомендовано к использованию при решении задач кластеризации данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. База данных характеристик звезд. URL: <http://sirius.astrouw.edu.pl/ogle> режим доступа свободный.
2. MacQueen J.B. Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations // Proceedings of 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. University of California Press. 1967. P. 281–297.
3. Sander J., Ester Martin, Kriegel Hans-Peter, Xu Xiaowei. Density-Based Clustering in Spatial Databases: The Algorithm GDBSCAN and Its Applications/ Data Mining and Knowledge Discovery. Berlin: Springer-Verlag, 1998. №2 (2). P. 169–194.
4. Haykin S. Self-organizing maps / Neural networks. A comprehensive foundation (2 nd ed.). N.Y.: Prentice-Hall, 1999.
5. Hoeffner F., Klawonn F., Kruse R., Runkler T. Fuzzy Cluster Analysis, Methods for classification, data analysis and image recognition. Wiley, 2000.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИОНА

А.С. Медведев, Т.Ю. Гуцалова, У.В. Степанова, студенты

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, med1993@yandex.ru

*Проект ГПО АОИ-1202 – «Информационная система анализа
энергетической эффективности региона»*

Направление повышения энергоэффективности на настоящий период на государственном уровне определено важнейшим среди основных приоритетов модернизации и технологического развития экономики страны. Это направление является системообразующим, оно взаимосвязано со всеми остальными сферами деятельности и в определяющей степени влияет на результативность работы в других важнейших направлениях экономического развития [1].

Для анализа ситуации с энергоэффективностью в муниципальных образованиях (МО) региона в настоящее время разрабатывается информационная система «EnEfAn». В качестве теоретической основы выбран метод, описанный в работах [2, 3]. Главными особенностями данного метода являются: использование когнитивного моделирования, вывод нечетких оценок факторов, нечеткая кластеризация МО. Когнитивная модель позволяет связывать факторы энергоэффективности с индикаторами (количественными показателями) и устанавливать причинно-следственные зависимости между факторами. Нечеткие

наименование кластера. Кластеры представляют собой группы муниципальных образований с одинаковыми внешними условиями. Например, если внешним фактором являются климатические условия, то можно выделить кластеры северных, южных и центральных МО.

Прецедент «Построение ФП». Данный прецедент позволит построить функции принадлежности (ФП) для отдельных факторов. ФП используются для формирования нечетких оценок факторов («низкая», «высокая», «средняя») на основе значений индикаторов. Если на оцениваемый фактор влияет внешний, то функции принадлежности строятся для каждого из кластеров, выделенных по этому внешнему фактору.

Прецедент «Анализ карты». С помощью этого прецедента пользователь может определить оценки факторов по заданным значениям индикаторов для конкретного муниципального образования. В зависимости от способа оценивания того или иного фактора вызывается соответствующая процедура – фазификация, вывод на правилах-продукциях, вычисление и т.д. По результатам оценивания факторов может быть построено дерево причин, демонстрирующее причинно-следственные цепочки между состояниями различных факторов.

Прецедент «Визуализация результатов». Позволяет сравнить оценки заданного фактора для разных муниципальных образований. Результаты оценивания могут быть представлены в виде таблицы, гистограммы, картограммы. Например, при построении картограммы все МО, имеющие одинаковую оценку, будут закрашены одним цветом.

Заключение. Разрабатываемая информационная система может быть полезна для органов власти субъектов и МО для обоснования принятия решений по повышению энергоэффективности при формировании программ энергосбережения. Повышение качества решений происходит за счет интеллектуального анализа, позволяющего учитывать территориальные особенности МО, выстраивать причинно-следственные связи между факторами, влияющими на положение дел, учитывать неопределенности при интерпретации данных, характеризующих состояние энергоэффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Салов А.Г. Системная методология анализа энергоэффективности территориальной генерирующей компании в условиях перехода к саморегулированию: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.01; Самарский государственный технический университет. 2009. 24 с.

2. Силич М.П. Оценка ситуации с энергетической эффективностью в муниципальных образованиях на основе диаграммы влияния факторов / М.П. Силич, В.А. Силич., С.В. Аксенов, В.С. Ахмедов // Энергобезопасность и энергосбережение. 2012. №3. С. 9–14.

3. Оценка энергетической эффективности муниципальных образований на основе нечеткой интерпретации данных / М.П. Силич, С.В. Аксенов, В.С. Ахмедов, В.И. Скрыбин // Матер. XVII Байкальской всерос. конф. ИМТ'2012. Ч. II. Иркутск, 2012. С. 129–134.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

М.М. Милихин, студент 5-го курса

Научные руководители: Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, milikhin@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 научно-технологического 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. В рамках данного проекта производится разработка Web-ориентированной геоинформационной системы (ГИС) формирования и ведения электронного генерального плана промышленного предприятия (ЭГП). ЭГП предприятия содержит описание инфраструктуры предприятия, которое включает в себя характеристики пространственного расположения объектов инфраструктуры и их атрибутивных описаний. Представляя собой комплексное решение в области разработки детального плана благоустройства и эксплуатации подведомственной территории и расположения предприятия в промышленном районе с учетом инженерных коммуникаций и особенностей пространственного расположения других предприятий промышленного района, ЭГП требует наличия средств защиты данных и функциональных возможностей ЭГП от несанкционированного доступа. Для решения этой задачи в состав ГИС ЭГП входит программное обеспечение (ПО) информационной безопасности ЭГП (ПО ИБ ЭГП).

Однако, являясь Web-приложением с исходным кодом, хранящимся на сервере предприятия в открытом виде, ПО ИБ нуждается в дополнительной защите целостности программного кода с целью предотвращения возможности его несанкционированной модификации.

Основной целью настоящей работы является разработка алгоритма проверки целостности информационной системы (ИС).

Кроме того, решая задачу в рамках корпоративной системы ЭГП, характерными требованиями к которой выступают надежность и бесперебойность доступа к системе, важно обеспечить не только обнаружение неполадок в системе, но и их немедленное устранение, а также восстановление работоспособности ЭГП в течение как можно более короткого временного интервала.

В качестве основной идеи алгоритма проверки целостности ИС автором предлагается использование алгоритма вычисления контрольных сумм (КС) файлов, составляющих информационную систему и их последующее сравнение с контрольными суммами «эталонной системы», образ которой поставляется на установочном носителе (рис. 1). Такой подход позволит провести детальный анализ состояния информационной системы, а в случае выявления ошибок определить модифицированные (измененные, удаленные и добавленные) файлы и провести их замену на оригинальные системные файлы.

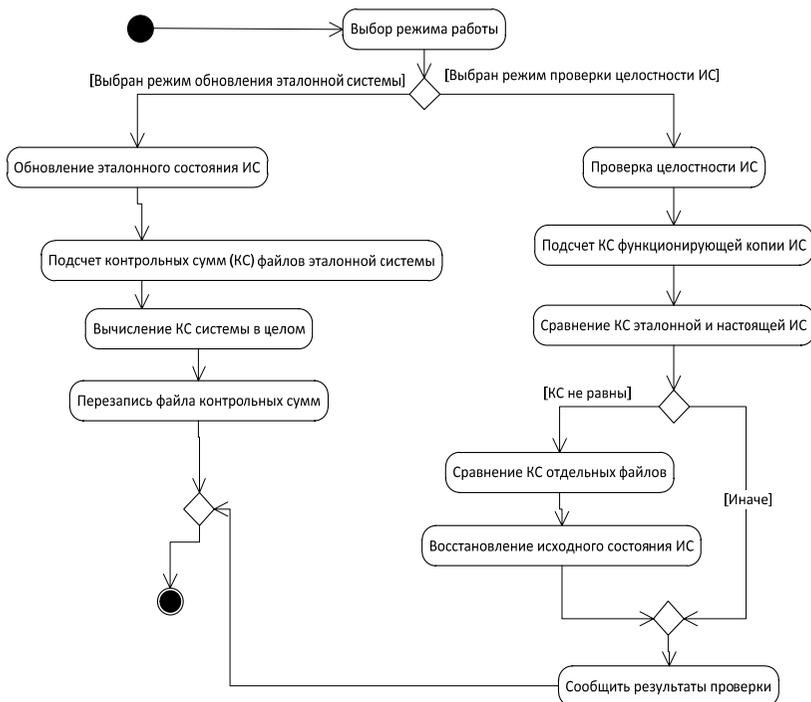


Рис. 1. Схема выполнения проверки целостности ИС

Согласно представленному алгоритму проверка целостности ИС предполагает сохранение данных исходной системы (режим обновления эталонной системы), когда производится подсчет КС эталонного образа и запись данных в виде файла CSV [1] следующего формата: «[имя файла 1], [КС файла 1], [имя файла 2], [КС файла 2], ..., [имя файла n], [КС файла n], system, [КС системы]», где каждому отдельному файлу ИС соответствует отдельная строка, содержащая имя файла и его контрольную сумму, а последняя строка содержит контрольную

сумму всей системы в целом и сравнение сохраненного образа системы с установленной копией (режим проверки целостности ИС). В режиме проверки целостности выполняется подсчет КС установленной системы, который сравнивается с сохраненным значением КС, затем в случае несовпадения этих значений выполняется попарное сравнение КС соответствующих файлов и исправление найденных ошибок (замена модифицированных файлов, удаление лишних и добавление отсутствующих файлов). В результате выполнения программы система приводится к исходному состоянию после инсталляции с установочного носителя и становится возможным возобновление работы с информационной системой.

Заключение. Предложенный подход к организации проверки целостности файловой структуры и программного кода информационной системы позволяет достичь оперативного выявления и устранения ошибок, являющихся следствием модификации исходного кода системы, и тем самым повысить надежность функционирования ИС. Настоящий алгоритм был реализован в рамках проекта ГИС ЭПГ W4GIS и внедрен в программу установки системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stafranovich Y. Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://tools.ietf.org/html/rfc4180>, свободный (дата обращения: 27.02.2013).

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

И.Ю. Пудуль, студент

Научные руководители: Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, svigani4ok@gmail.com

Для нормальной жизнедеятельности населения необходимо организовать стабильную работу сетей инженерно-технического обеспечения. Для этого необходимо диагностировать и прогнозировать неисправности объектов инженерных инфраструктур. Своевременное выявление нарушений позволяет предотвратить возможные аварии [1].

В настоящее время для диагностики и прогнозирования неисправностей объектов инженерных сетей широко используются методы, основанные на визуальном обследовании, эвристических алгоритмах, простых инженерных подходах и сложных физико-математических моделях. Но использование методов, основанных на визуальном обследовании, предполагает проведение крупных организационных ме-

роприятий, требующих постоянного привлечения трудовых и денежных ресурсов [2]. Остальные подходы имеют ограниченное применение. Также в них отсутствует системный подход к обнаружению и локализации неисправностей, что препятствует созданию единой методики диагностики неисправностей, эффективно работающей как в условиях достоверной информации, так и в условиях неопределенности [1].

Диагностику и прогнозирование объектов инженерных сетей, описывающих состояние элементов инженерной инфраструктуры, предлагается реализовать на основе нечеткого моделирования. Такое исполнение может быть применено для решения широкого класса прикладных задач. Метод на основе нечеткого моделирования реализован в программе «Программное обеспечение (ПО) интеллектуального анализа данных».

Пусть нечёткая система имеет вид:

$$y = f(x, \theta, h),$$

где x – вход системы, множество входных параметров $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $\theta = \|\theta_1, \dots, \theta_q\|$ – вектор параметров антецедентов, $h = \|h_1, \dots, h_r\|$ – вектор параметров консеквентов, y – выход системы, выходной параметр.

Пусть дано множество обучающих данных (таблица) $\{(x_k, y_k), k=1, \dots, m\}$, где m – количество объектов в таблице наблюдений. Тогда среднеквадратические функции ошибки, являющиеся численным критерием адекватности модели, вычисляются по формуле [3]

$$CKO = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^m (y_k - f(x_k, \theta, h))^2}}{m}.$$

Таблица наблюдений

Входные параметры	Выходной параметр
Объекта 1	y_1
Объекта 2	y_2
...	...
Объекта m	y_m

Задача оптимизации параметров нечеткой системы сводится к поиску минимума заданной функции в многомерном пространстве, координаты которого соответствуют параметрам нечеткой системы [3].

Далее приведены результаты работы программы с использованием данных промышленного предприятия, полученных из геоинформационной системы. Структура полученных данных представлена в виде

таблицы наблюдений с информацией об объектах, имеющих следующие параметры: objectid (идентификатор), диаметр (мм), толщина стенки (мм), рабочая температура (°C), категория (обозначение).

Для получения экспериментальной таблицы из таблицы наблюдений случайным образом удалено 9 значений для аппроксимации параметра «толщина стенки» и 10 значений для классификации параметра «категория».

Входными параметрами являются «диаметр» и «рабочая температура», выходным параметром для аппроксимации служит «толщина стенки», для классификации – «категория».

Таким образом, получена экспериментальная таблица с восстановленными данными. Сравнив исходные и восстановленные данные, рассчитано среднее квадратичное отклонение: для аппроксимации – 0.016168, для классификации – 0.01923. График исходных и восстановленных данных для аппроксимации представлен на рис. 1. При классификации точность восстановления достигла 100%.

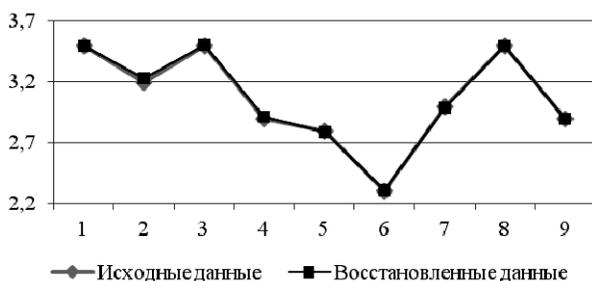


Рис. 1. График исходных и восстановленных данных

В результате работы программы «ПО интеллектуального анализа данных» на конкретном примере были получены значения среднее квадратичного отклонения, указывающие на минимальное различие восстановленных и исходных данных. Это показывает превосходство метода на основе нечёткого моделирования в сравнении с традиционными подходами диагностики и прогнозирования неисправностей объектов инженерных сетей.

Выполнение данной работы проводилось при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках мероприятия федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы». Проект «Разработка Web-ориентированных геоинформационных технологий формирования и мониторинга электронного генерального плана инженер-

ной инфраструктуры», государственный контракт № 07.524.11.4013 от 03 ноября 2011 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диагностика инженерных сетей жилищно-коммунального хозяйства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.asutp.ru/?p=600420>, свободный (дата обращения: 17.02.2013).
2. Кираковский В.В. Алгоритмы и системы нечеткого вывода в задачах диагностики городских инженерных коммуникаций: дис. ... к.т.н. Рязань, 2005.
3. Голубева А.А. Интеллектуальный анализ пространственно-временных данных объектов инженерной инфраструктуры // Доклады ТУСУРа. 2012. №2(26), ч. 2. С. 216–219.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛИЗОВАННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СКОРОСТИ ДОСТУПА К ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДАННЫМ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

М.М. Рычагов, студент

Научные руководители: Ю.Б. Гриценко, доцент, к.т.н.,

О.И. Жуковский, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, milikhin@gmail.com, mixrich1@gmail.com

В настоящее время в связи с быстрым развитием компьютерных технологий потребности человека в получении все большего и большего количества информации в меньшие промежутки времени также растут. Сегодня организации, получающие свои результаты, тратят впустую значительное время, создавая итоги вручную, определяя, какие представления создавать, индексируя итоги, обновляя их и советуя пользователям, какие из них использовать [1]. Похожая проблема существует и при работе с электронным генеральным планом. Поскольку крупные промышленные предприятия охватывают большие территории, то хранение и доступ к огромному количеству информации об объектах ЭГП с нарастающей его мощностей занимает все большее и большее количество времени, в то же время предъявляя все большие и большие требования к вычислительным ресурсам для получения этих данных из базы данных по запросу.

Разрабатываемая в рамках федеральной целевой программы Web-ориентированная геоинформационная система электронного генерального плана промышленного предприятия получила универсальную схему хранения атрибутивных и пространственных данных, позволяющую хранить произвольные данные. Данная модель хранит атрибутивное описание объекта отдельно от его графического представле-

ния, а соответствия между ними устанавливаются посредством первичных ключей идентификаторов и hash-кодов. Однако предлагаемая модель хранения данных имеет очень весомый недостаток: с увеличением хранимой атрибутивной и пространственной информации в базе данных увеличиваются требования к ресурсам вычислительной системы и время отклика на запросы пользователей о предоставлении информации. Это обусловлено той особенностью структуры базы данных, что при запросе данных база данных должна по идентификатору этого объекта найти запрашиваемые данные в нескольких таблицах (содержащих тысячи записей), агрегировать их и предоставить в запрашиваемом пользователем виде. При большом количестве данных подобные запросы существенно снижают скорость работы всей системы в целом.

Для устранения данной проблемы применяется понятие «материализованное представление» данных. Впервые данное понятие появилось в СУБД Oracle 8i. Материализованные представления многократно ускоряют выполнение запросов, позволяя за доли секунды обращаться к тысячам записей. Это достигается за счет преждевременного вычисления итоговых данных и выборки из множества таблиц. Объем данных материализованного представления обычно гораздо меньше по сравнению с исходными данными. Можно сказать, что материализованные представления существуют для улучшения времени выполнения запроса путем предварительного вычисления дорогостоящих соединений и операций агрегирования еще до их выполнения в реальном запросе [2].

В разрабатываемой ГИС ЭГП большое количество данных является постоянным, хоть и существует возможность эти данные изменять. В качестве таких данных являются представления геометрических объектов, их координаты, наименование слоя, к которому принадлежит объект и его идентификатор, а также дополнительные характеристики и свойства. Однако несмотря на постоянство этих данных, обращение к ним занимает длительное время ввиду проблемы агрегирования данных, представленной выше, поскольку эти данные хранятся в различных таблицах среди большого количества подобных записей. Применение в данной ситуации понятия материализованного представления позволит существенно увеличить быстродействие системы за счет преждевременного агрегирования данных перед началом запроса и выдачи этих данных по запросу.

Поскольку работа с геометрическими объектами основана на их послойном представлении, то материализованные представления также представляют собой некий «слой», содержащий геометрические объекты. Это материализованное представление содержит в себе все перечисленные выше данные и хранится в базе данных в виде физиче-

ской таблицы данных. Все запросы на предоставление данных о графических объектах направляются к материализованному представлению, соответствующему слою запрашиваемого объекта. Поскольку с применением представлений идентификация объекта происходит только среди записей об объектах слоя, агрегирующих всю необходимую информацию, а не среди всего набора графических объектов, хранящихся отдельно от атрибутивного описания, то запросы обрабатываются в несколько раз быстрее и не зависят от количества графических и атрибутивных данных в таблицах базы данных.

Еще одним достоинством применения материализованных представлений является отсутствие необходимости их обновления при постоянных значениях исходных данных. Другими словами, если данные не изменяются, то единожды созданное материализованное представление не требует внутренних изменений. Существует несколько способов обновления материализованных представлений, среди которых можно выделить два: обновление при изменении исходных данных для материального представления и обновление по расписанию. Поскольку изменение геоданных происходит не часто, то способ изменения материализованного представления только при изменении исходных данных так же позволит сократить вычислительную стоимость [1].

Заключение. Использование концепции материализованных представлений применительно к разрабатываемой геоинформационной системе позволяет свести к минимуму вычислительную стоимость при обращении к геоданным за счет выполнения агрегирования информации до выполнения соответствующего запроса, таким образом повышая производительность системы, и увеличивает потенциальную мощность хранения данных.

Выполнение данной работы проводилось при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках мероприятия федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материализованные представления Oracle и переписывание запросов [Электронный ресурс]. Интерфейс Ltd. Режим доступа к сайту: <http://www.interface.ru/home.asp?artId=19901> (дата обращения: 4.03.2013).

2. Randall G. Bello, Karl Dias. Materialized View In Oracle // 24th VLDB Conference. N.Y., 1998. С. 659–664.

ВЕБ-ИНТЕРФЕЙС АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРОННАЯ ПОХОЗЯЙСТВЕННАЯ КНИГА»

Д.А. Сидоров, студент

Научные руководители: А.А. Сидоров, доцент, к.э.н.,

Т.А. Ципилева, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, sideal12@gmail.com

Проект ГПО АОИ-1103 – «Электронная похозяйственная книга»

В век развития информационных технологий без внимания не осталась и похозяйственная книга – документ первичного учета о ведении гражданами личного подсобного хозяйства в сельской местности. Анализ программно-технологических решений, представленных на рынке («БАРС. ЭПК – Электронная похозяйственная книга» [1], «ВИР. Похозяйственная книга» [2], «Арсинт. АИС САО Электронная похозяйственная книга» [3]), позволил сделать вывод о том, что для организации взаимодействия пользователя с системой предпочтительным вариантом реализации будет являться Web-интерфейс, обладающий рядом преимуществ: 1) отсутствует необходимость в установке специализированного программного обеспечения на персональный компьютер; 2) требования к мощности персональных компьютеров пользователей минимальны; 3) оперативность; 4) быстрота внедрения; 5) простота в использовании.

В рамках проектирования интерфейса были выделены основные модули системы: 1) учет граждан; 2) учет жилых единиц; 3) учет земельных участков; 4) учет техники; 5) учет скота; 6) учет организаций; 7) воинский учет; 8) картографический модуль; 9) справки и отчеты; 10) статистика. Функционирование и взаимодействие данных модулей легко осуществляется через Web-интерфейс системы, реализованный при помощи легко взаимодействующих друг с другом средств: 1) jQuery – библиотека JavaScript, фокусирующаяся на взаимодействии JavaScript и Web-документов; 2) CSS – язык стилей, определяющий отображение Web-документов; 3) PHP – язык программирования общего назначения, интенсивно применяемый для разработки веб-приложений.

Основные элементы интерфейса, разработанные на основе готовых решений и функций библиотеки jQuery представлены на рис. 1:

1) горизонтальное меню, используемое для иллюстрированной навигации по основным модулям системы;

2) вертикальное меню, используемое для навигации по основным модулям системы;

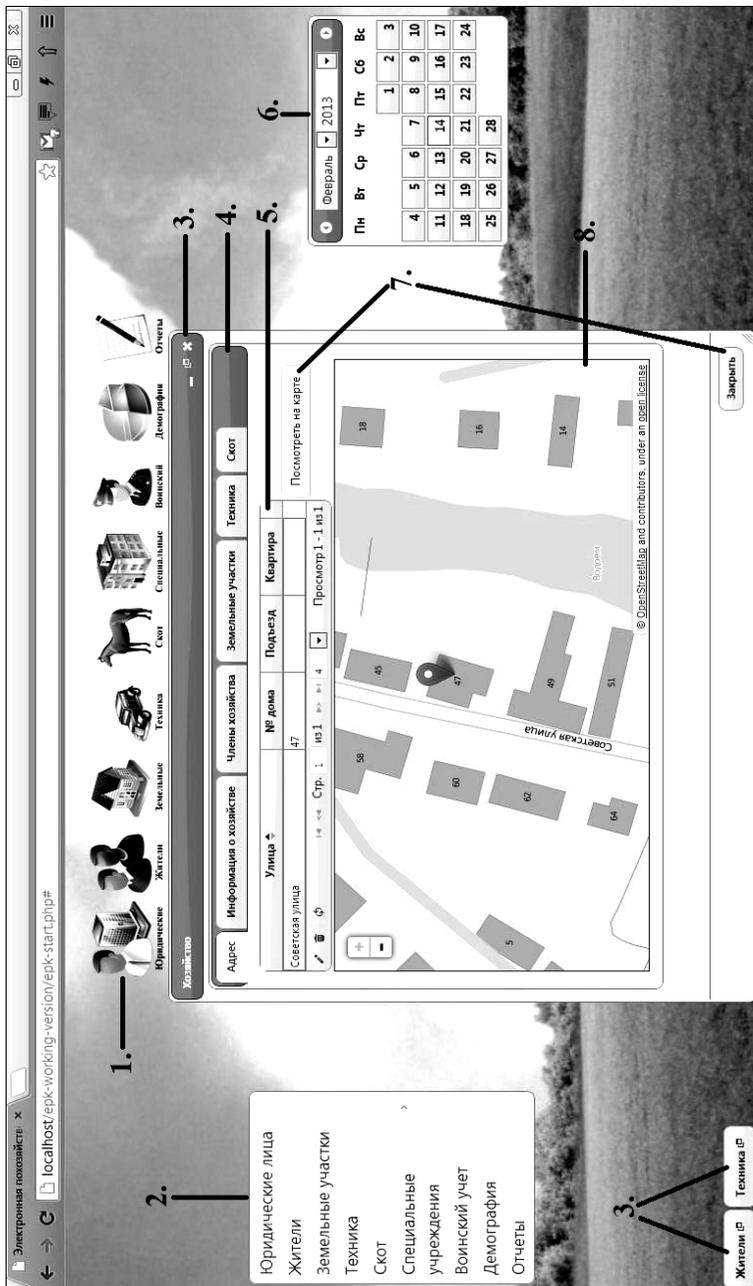


Рис. 5. Основные элементы интерфейса АИС ЭПК

3) диалоговое окно, используемое для отображения информации пользователю и в качестве объекта, на котором будут располагаться другие элементы интерфейса; обладает функциями сворачиваемости, развертывания и закрытия окна;

4) вкладки, используемые для переключения и отображения информации из базы данных разделенной, по определенным правилам;

5) таблица, используемая для структурированного и удобного для пользователя отображения информации из базы данных; реализованы функции добавления, редактирования, удаления, поиска, сортировки записей;

6) календарь, используемый для выбора даты определенного типа поля в заполнении и редактировании записей;

7) кнопка, используемая для вызова определенной функции;

8) фрейм – окно, которое используется для отображения картографических данных.

Реализация указанных элементов осуществляется по технологии, представленной на рис. 2.

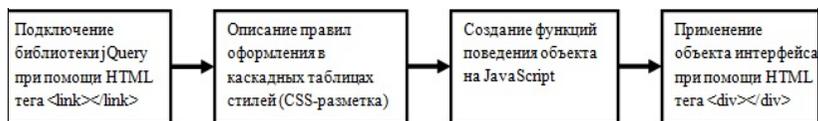


Рис. 2. Схема реализации основных элементов интерфейса

Развитием интерфейсных возможностей электронной похозяйственной книги является формирование сервисов по визуализации сводной и аналитической информации, хранящейся в базе данных, а также формирование шаблонов документов, готовящихся с помощью рассматриваемого информационного ресурса.

Работа выполнена в рамках проекта «Методы и средства информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере территориального социально-экономического развития и управления по результатам» Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы».

ЛИТЕРАТУРА

1. БАРС – ЭПК [Электронный ресурс]. Открытые бизнес-технологии. URL: http://www.obt-volgograd.ru/product/bars_epk (дата обращения: 22.02.2013).

2. Модули Регистр МО [Электронный ресурс]. ВИР. URL: http://www.wirsoft.ru/rmo_modules (дата обращения: 22.02.2013).

3. АИС САО для свободного распространения [Электронный ресурс]. Ар-синт. URL: http://www.arsint.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=85:ais-sao-svobodnoe-rasprostranenie-free&catid=1:latest-news&Itemid=68 (дата обращения: 22.02.2013).

ЭЛЕКТРОННАЯ ПОХОЗЯЙСТВЕННАЯ КНИГА КАК СРЕДСТВО ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

О.С. Мовчан, А.П. Пашин, А.М. Товкач, студенты

Научные руководители: А.А. Сидоров, доцент, к.э.н.,

Т.А. Ципилева, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, tam91@sibmail.com

Проект ГПО АОИ-1103 – «Электронная похозяйственная книга»

В настоящее время мир меняется с очень большой скоростью. Эпоха информационных технологий открывает новые возможности во всех сферах окружающей нас жизни. Благодаря автоматизации становится возможным превратить рутинные процедуры в эффективные инструменты управления. При этом приведенное утверждение касается не только деятельности, осуществляемой в больших городах и на крупных предприятиях, но и на уровне сельских поселений, местные администрации которых должны вести похозяйственные книги. В русле современных тенденций осуществление указанной деятельности целесообразно производить на основе применения информационных технологий. Электронная похозяйственная книга (ЭПК) позволяет увеличить эффективность работы местных органов власти, а также минимизировать ошибки в их работе.

Электронная похозяйственная книга по своему назначению призвана выполнять следующие функции:

1) инвентаризационно-учетная, связанная с ведением реестра и регистрацией личных хозяйств;

2) аналитическая, позволяющая на основе имеющейся информации осуществлять оценку сложившейся в муниципальном образовании ситуации;

3) прогностическая, ориентированная на выявление перспектив развития территории на базе специальных математических моделей.

ЭПК автоматизирует следующие группы операций:

- похозяйственный учет;
- регистрацию прибытия и убытия граждан;
- воинский учет;
- учет жилого фонда;
- учет земельных участков;
- формирование статистической информации.

Альтернативой бумажному формату и desktop-приложениям является создание единого информационного пространства системы муниципального управления на базе web-технологий. Web-ориентированная электронная похозяйственная книга характеризуется следующими преимуществами:

- отсутствие установки специализированного программного обеспечения;
- быстрота внедрения;
- возможность централизованного и оперативного обновления системы;
- функционирование в режиме on-line;
- возможность консолидации информации в единую базу данных на вышестоящем уровне территориального управления.

Первоначальным этапом создания ЭПК является создание базы данных и проектирование её концептуальной модели (рис. 1). Были выделены необходимые сущности, атрибуты; построены отношения, произведена нормализация отношений. Концептуальная модель была создана при помощи Sybase PowerDesigner – среды моделирования, которая дает возможность управления изменениями на этапе проектирования, предлагает технику управления метаданными и содержит уникальную технологию анализа взаимосвязей моделей (технология impact analysis). Созданная база данных хранится на веб-сервере Apache, основными достоинствами которого считаются надежность и гибкость конфигурации. Он позволяет подключать внешние модули для предоставления данных, использовать СУБД для аутентификации пользователя.

ЭПК не ограничивается стандартным набором вышеперечисленных функций. Существует множество вариантов расширения функциональных возможностей посредством разработки дополнительных сервисов, повышающих качество программной системы. В качестве такового может быть рассмотрен встроенный в электронную похозяйственную книгу ГИС-компонент, позволяющий работать с картографическим изображением поселения и характеризующийся следующими возможностями:

- формирование поисково-справочных запросов (поиск объектов местности по названию или по фрагменту названия);
- работа с картографическими изображениями (увеличение, уменьшение, сдвиг и т.п.);
- измерение длин и площадей;
- получение справочной информации по объектам карты;
- подготовка и выдача картографических изображений на печать.

Использование ГИС-компонента позволяет увеличить эффективность информационно-аналитической деятельности органов местного самоуправления, а также увеличить скорость их работы. Данный инструмент эффективен при решении разного рода задач, связанных с выбором расположения того или иного объекта на определенной территории.

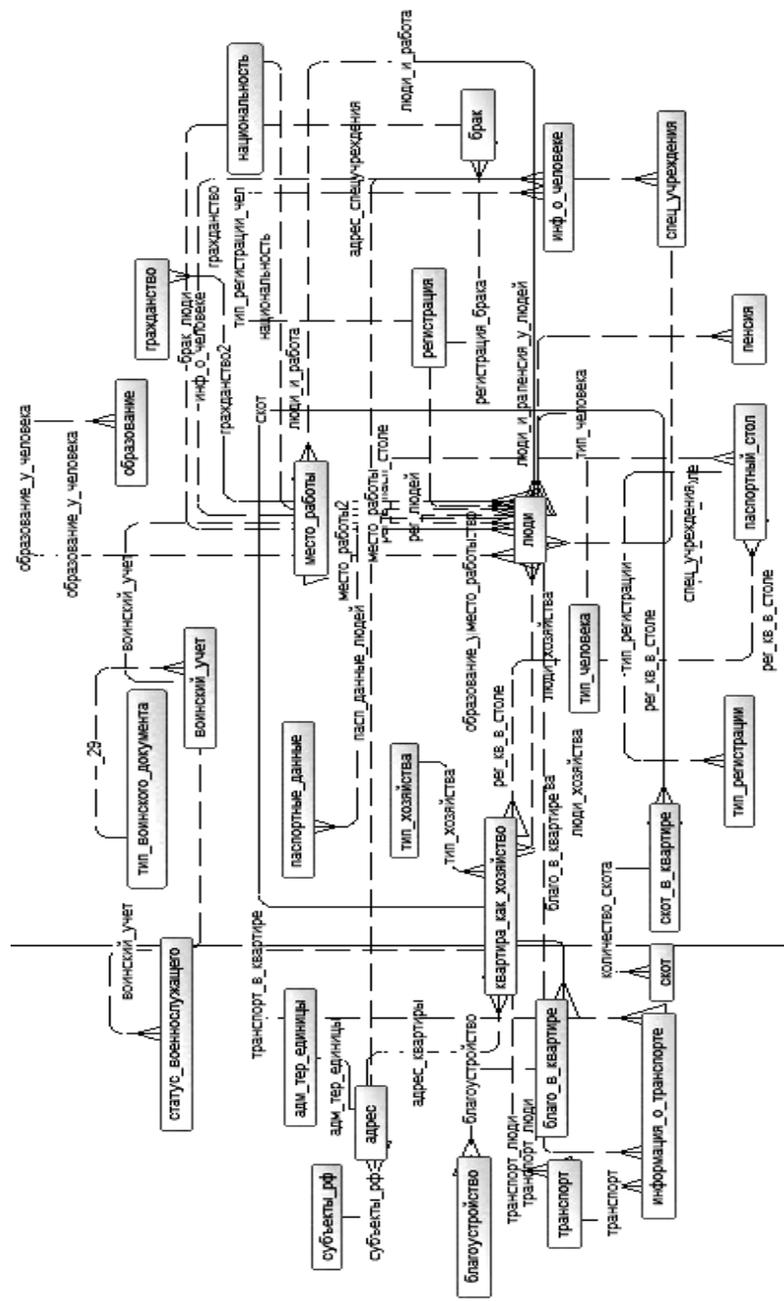


Рис. 1. Концептуальная модель базы данных

Также он упрощает работу с базой данных, позволяет проводить анализ территориально-идентифицируемой информации, уменьшает время поиска информации при работе с электронной похозяйственной книгой.

Для реализации ГИС-компонента был использован OpenStreetMap (OSM) – некоммерческий веб-картографический проект по созданию силами сообщества участников-пользователей Интернета подробной, свободной и бесплатной географической карты мира. Для создания карт используются данные с персональных GPS-трекеров, аэрографии, видеозаписи, спутниковые снимки и панорамы улиц, предоставленные некоторыми компаниями, и просто знания человека, рисующего карту.

Создание нового продукта, выходящего на рынок своих аналогов, предполагает ориентацию на конкретную целевую аудиторию. Одной из ключевых задач при разработке ЭПК являлось определение целевой аудитории, оценка уровня осведомленности и предпочтений муниципальных образований при выборе автоматизированных систем.

Для оценки степени покупательской готовности был проведен опрос, где реестр рассылки включал в себя муниципальные образования Сибирского федерального округа. Результаты проведения исследования представлены на рис. 2.

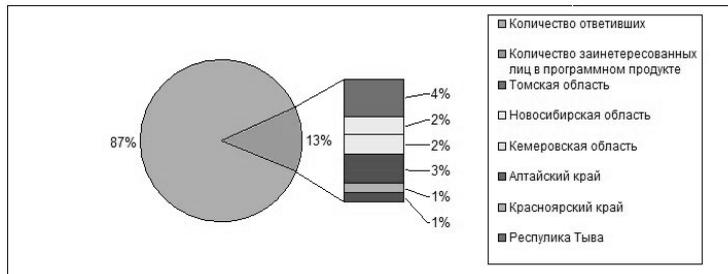


Рис. 2. Результаты проведения исследования

Заключительный шаг включает в себя создание демонстрационной версии продукта, которая даст полное представление пользователям о готовящемся продукте, а также послужит рекламным материалом.

Работа выполнена в рамках проекта «Методы и средства информационно-аналитической поддержки принятия решений в сфере территориального социально-экономического развития и управления по результатам» Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы».

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ
В WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ
СИСТЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА
ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ИНЖЕНЕРНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ**

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, каф. АОИ, frendik@mail.ru, natali_lynina@mail.ru,
marselt22@gmail.com*

*Проект ГПО АОИ-1105 – «Исследование рынка продаж тиражных
программных продуктов»*

Геоинформационные системы (далее упоминаются как ГИС, или ГИС-системы) определяются компаниями, занимающимися их внедрением, как «многофункциональные средства анализа сведенных воедино табличных, текстовых и картографических бизнес-данных, демографической, статистической, земельной, муниципальной, адресной и другой информации» [1].

В настоящее время в разработке ГИС-систем участвуют сотни тысяч людей во всем мире [2]. Ранее потребителями геоинформационных систем были довольно узкие группы специалистов – например, геологи, работники компаний, занимающихся геофизическими изысканиями. В настоящее время ГИС могут пригодиться и в работе транспортных компаний, компаний, связанных с добычей ресурсов, работников лесной отрасли, даже в деятельности муниципальных организаций.

Исследование рынка проводится для выяснения потребности в геоинформационной системе, создаваемой сейчас Томским государственным университетом систем управления и радиоэлектроники. Разрабатываемая геоинформационная система W4GIS относится к инструментальным системам.

Выполнение данной работы проводится при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках мероприятия 2.4 федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы».

Исследование рынка сбыта этой системы можно разделить на три крупных стадии. В первую очередь проводится исследование возможностей сбыта системы в России. К настоящему моменту этот этап завершен. В качестве потенциальных потребителей выделено 391 предприятие Сибирского, Уральского и Дальневосточного федеральных округов, работающее в нефтегазовой отрасли промышленности, ме-

таллургии, машиностроении, химической промышленности. Также составлена анкета, позволяющая выявить наличие у этих предприятий потребности в распространяемой системе, и проведена прямая почтовая рассылка анкеты, презентации системы и бланка договора о намерениях приобретения системы для установления деловых контактов. К настоящему моменту получены ответы от предприятий.

На второй стадии исследования рассматривается возможность распространения системы на предприятиях стран Союза Независимых Государств (СНГ). Этот этап нацелен на выявление и анализ наиболее потенциально перспективных сегментов потребителей для последующего тиражирования разрабатываемой технологии на предприятиях стран СНГ. Среди общих преимуществ, характерных для рынков ГИС всех стран Союза, можно выделить отсутствие необходимости локализации системы (важно отметить, что ее следует произвести в том случае, если делается попытка совершить продажу системы государственному учреждению), а также существование заключенного между странами СНГ соглашения «О Концепции создания Геоинформационной системы Содружества Независимых Государств» [3], что делает отрасль ГИС целевой для всех стран. Составлена краткая характеристика рынков ГИС отдельных стран. В ходе составления описания выяснилось, что рынок ГИС стран СНГ мало насыщен, что вкупе с общими преимуществами открывает широкие возможности для распространения системы. Для каждой из стран СНГ составлен список предприятий, которые могут стать потребителями системы. Однако для достижения наибольшего эффекта от маркетинговых мероприятий необходимо провести сегментирование, чтобы выделить наиболее выгодные для работы страны.

Существует множество понятий процесса сегментирования. Например, Филипп Котлер определяет понятие сегментирования «как маркетинговую деятельность, направленную на разбивку рынка на четкие группы потребителей, для которых определяются специфические товары и комплексы маркетинга» [4]. Однако в любом из источников, посвященных сегментированию, этот процесс основывается на двух понятиях: переменной (критерии) сегментирования и факторах (признаках) сегментирования. Для целей сегментирования предприятий стран СНГ были выбраны две переменные: страна и отрасль деятельности компании.

В результате определено, что наибольшее количество предприятий, которые могут рассматриваться в качестве потенциальных потребителей, расположены в Киргизии и Украине, а также представлены отраслями добычи полезных ископаемых, обрабатывающих производств, производства и распределения электроэнергии, газа и воды.

Для выбора целевых сегментов из перечня получившихся использован метод экспертных оценок. Для применения метода экспертных оценок необходимо: определить критерии оценки; определить весовой коэффициент для каждого критерия; определить шкалу оценки сегментов по выбранным критериям. В качестве критериев оценки привлекательности сегментов используются количество предприятий в сегменте, доступность сегмента, устойчивость сегмента, уровень конкуренции в сегменте, возможности компании по обслуживанию сегмента, потенциальная готовность потребителей в сегменте. Весовой коэффициент для каждого критерия определен следующим образом: 1 – низкая важность; 2 – средняя важность; 3 – высокая важность.

В результате целевыми сегментами, представляющими наибольший интерес для дальнейшей работы, стали предприятия производства и распределения газа, воды и электроэнергии Узбекистана, добычи полезных ископаемых и обрабатывающего производства Казахстана.

В ходе дальнейшей работы планируется охватить предприятия вышеназванных сегментов маркетинговыми мероприятиями, способствующими распространению системы, а также приступить к третьей стадии исследования – определить наличие и масштабы возможности распространения W4GIS в других зарубежных странах, в частности, Индии и Китае.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геоинформационные системы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.trisoftrus.com/DesktopDefault.aspx?tabid=102&Mnu=2.102> (дата обращения: 24.05.2012).
2. Тарасова Е.А., Кошелева С.С. Влияние геоинформационной системы на повышение эффективности работы предприятия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.be5.biz/ekonomika1/r2010/00575.htm> (дата обращения: 24.05.2012).
3. О Концепции создания Геоинформационной системы Содружества Независимых Государств [Электронный ресурс]. URL: <http://cis.minsk.by/reestr/ru/printPreview/text?id=815&serverUrl=http://cis.minsk.by/reestr/ru> (дата обращения: 05.02.2013).
4. Котлер Ф. Основы маркетинга. М.: Ростинтэр, 1996. 704 с.

**ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ
И УСТРОЙСТВА**

*Председатель секции – Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ,
д.ф.-м.н.,
зам. председателя – Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н.*

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ
НА ОСНОВЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ С РЕШЁТКОЙ
БРЭГГА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ УСИЛИЯ НАТЯЖЕНИЯ
В КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ МАЛЫХ СЕЧЕНИЙ**

А.А. Мальцев, К.А. Минаков

*г. Железногорск, ОАО «Информационные спутниковые системы»
им. акад. М.Ф. Решетнева»*

Композитные материалы и изделия, изготавливаемые из них, являются высокопрочными, более легкими и безопасными по сравнению с традиционными металлическими материалами и изделиями.

На данном этапе до 70% силового каркаса и трансформируемых систем космического аппарата (КА) изготавливается из композитных материалов с целью уменьшения массы и габаритов, что в свою очередь усложняет проведение измерения усилия, действующего на конкретный узел, на этапах экспериментальной отработки.

Существует задача измерения усилия натяжения в элементах композитных конструкций малых сечений, площадь сечения не более 30 мм². Сложность заключается во внедрении средства измерения в готовую конструкцию уже на этапах отработки. Для решения данной задачи необходимо применять принципиально новые измерительные системы. Одна из таких систем основана на применении оптоволоконных датчиков деформации (ОДД) с решёткой Брэгга или оптоволоконна с решёткой Брэгга (ОРБ).

Чувствительный элемент датчика – участок оптоволоконна с нанесённой, при помощи лазера, решёткой Брэгга (толщина волокна 0,2 мм). Принцип работы основан на том, что длина волны отражённого от решётки излучения зависит от периода решётки, таким образом, при линейном растяжении период увеличивается, и длина волны изменяется (рис. 1). Изменение отражённой длины волны фиксируется измерительным оборудованием – сканером.

Помимо габаритов, ОДД также обладают следующими преимуществами:

- высокая чувствительность к деформациям и другим параметрам композита;
- широкий диапазон измерения относительной деформации. Максимальный предел – 5%, этим же значением определён и предел измерения 50000 $\mu\epsilon$ (микрострейн);
- высокая стойкость к циклическим нагрузкам, до 20000 циклов (при 1800 $\mu\epsilon$) без потери точности измерения;
- абсолютная погрешность измерения – 5 $\mu\epsilon$.

Для исследования выбрано несколько материалов, из которых изготавливаются элементы конструкций с малыми сечениями, диапазон рабочих нагрузок – до 100 кг:

- углепластиковый канат, диаметр $4 \pm 0,3$ мм. Применяется в конструкции системы синхронизации раскрытия панелей солнечных батарей (расчётная рабочая нагрузка до 100 кг);
- углепластиковая

лента с верхним слоем из органопластика, толщина $2 \pm 0,5$ мм, ширина 10 мм. Применяется в конструкции крупногабаритных трансформируемых систем (расчётная рабочая нагрузка до 100 кг).

Измеряемой величиной ОДД является относительная деформация, измеряемая в микрострейнах ($1 \mu\epsilon = 10^{-6}$ относительной деформации, или 10^{-4} % деформации), для определения усилия натяжения образца необходимо произвести процедуру градуировки. Образец с закреплённым на его поверхности датчиком подвергают нагружению заданным усилием, строится характеристика зависимости показаний ОДД, в $\mu\epsilon$, от приложенной нагрузки, в кг. Для каждого образца выбран оптимальный вариант монтажа датчиков на поверхности, проведены эксперименты по определению градуировочных характеристик до максимальной расчётной нагрузки.

Градуировочные характеристики исследованных материалов представлены на рис. 2 и 3.

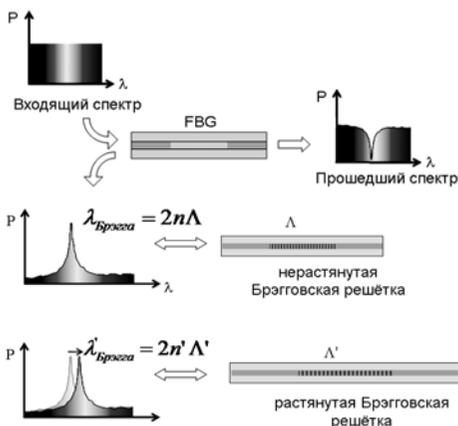


Рис. 1. Принцип измерения деформации при помощи ОДД

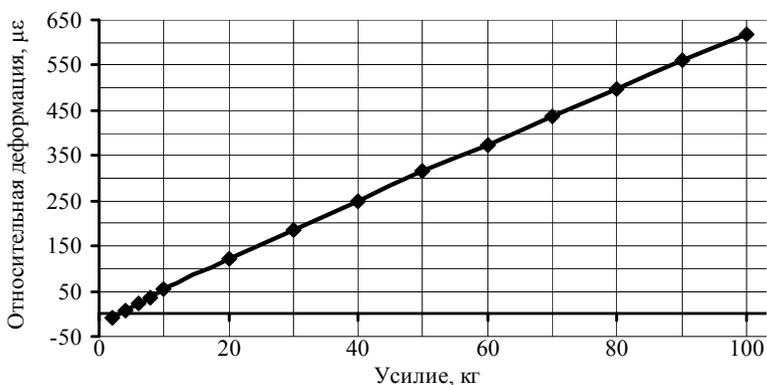


Рис. 2. Градуировочная характеристика углепластикового каната

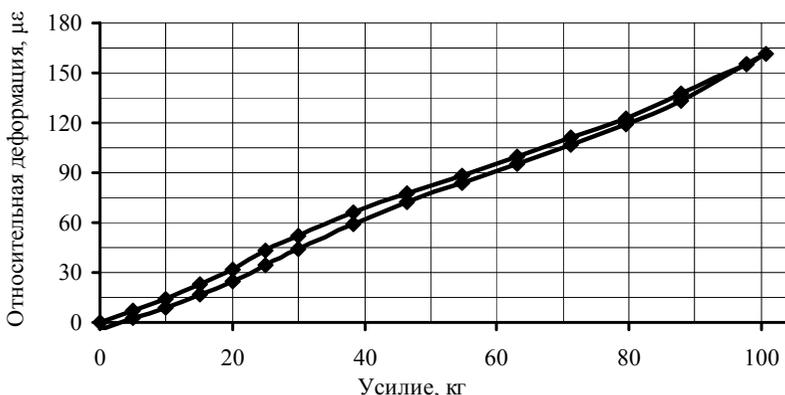


Рис. 3. Градуировочная характеристика углепластиковой ленты

Исходя из полученных градуировочных характеристик, можно сделать следующие выводы:

1. Полученную градуировочную характеристику для углепластикового каната можно использовать для определения усилия натяжения образца с погрешностью не более 5% для диапазона нагрузок от 15 до 100 кг (показаний датчика 75–600 мк), график зависимости показаний датчика от нагрузки отличается линейностью и отсутствием гистерезиса.

2. Градуировочная характеристика углепластиковой ленты может быть использована для определения усилия натяжения с погрешностью до 20%, увеличение погрешности связано с гистерезисом характеристики и меньшими значениями измеренной деформации (165 мк/100 кг).

ОПТИКОЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ СТЕРЖНЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Д.Н. Новиков, аспирант

Научный руководитель А.Я. Суранов, доцент, к.т.н.

г. Барнаул, АлтГУ, ФТФ, каф. РФУТФ, dmitry-novikov2009@yandex.ru

Закладные армирующие элементы в виде круглых стеклопластиковых стержней с утолщениями на концах в настоящее время широко применяются в строительстве благодаря своей прочности и долговечности. Отдельным классом изделий такого назначения являются стержни с периодическим резьбовым профилем, использующиеся вместе с гайкой для фиксации крепи в шахтах. Технология изготовления таких стержней должна обеспечивать необходимые геометрические параметры для наворачивания гайки. Однако в процессе изготовления стержней возникают продольные и поперечные отклонения размеров, приводящие к браку продукции.

Указанная проблема делает актуальной контроль геометрических параметров профилированных стеклопластиковых стержней в процессе их изготовления. Вид такого стержня вместе с наиболее распространёнными дефектами показан на рис. 1. На нём видно, что резьбовой профиль может отклоняться от требуемого за счёт образования наплывов связующего на нижней поверхности стержня, которые после полимеризации образуют твердые образования, и колебаний обмоточного жгута, приводящих к флуктуации шага резьбы.

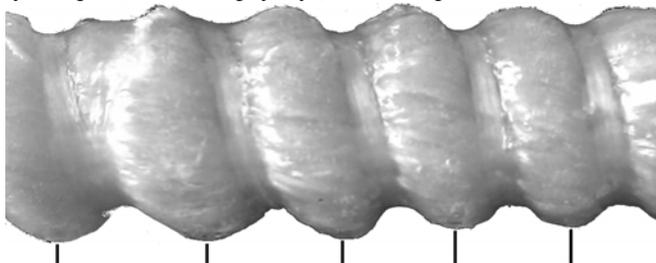


Рис. 1. Вид профилированного стеклопластикового стержня и его дефектов

Для оперативного контроля таких дефектов было предложено использовать бесконтактный оптикоэлектронный метод и соответствующее устройство. Специфика задачи контроля заключается в движении объекта со скоростью 1,5–2 м/мин с перспективой дальнейшего увеличения, что затрудняет применение недорогих двумерных камер. В связи с этим было принято решение регистрировать координаты

границ текущего сечения профиля с помощью линейных многоэлементных фотоприёмников и накапливать их для восстановления профиля стержня в микропроцессорном контроллере [1].

Оптическая схема устройства контроля построена по классической схеме измерения диаметра по теневому методу в параллельном световом пучке [2]. Для устранения смаза изображения движущегося объекта применяется импульсная засветка, синхронизированная с интервалом накопления ПЗС-фотоприёмника ILX511 компании SONY, содержащего 2048 элементов [3]. В качестве устройства управления работой светодиодного осветителя, многоэлементного фотоприёмника и интерфейсного блока использовался микроконтроллер STM32F103C, который также выполнял оцифровку и обработку сигнала фотоприёмника. Обработка заключалась в вычитании темного сигнала, определении индексов элементов, в которых происходит пересечение сигналов среднего уровня в том или ином направлении и пересчёте индексов в геометрические размеры объекта. Использование данного микроконтроллера позволило обойтись без ПК и создать недорогое, компактное и быстродействующее устройство контроля. Ведётся работа по переходу на модель контроллера с встроенным трансмиттером для беспроводной передачи результатов контроля.

Калибровка прибора осуществлялась с помощью штриховой миры с шагом расположения полос 3 мм, устанавливаемой в плоскости, расположенной по оси контролируемого стержня. Координаты границ полос аппроксимировались кубическим полиномом, коэффициенты которого использовались для расчёта текущих границ сечений стержня.

Испытания данного устройства, проведённые на Бийском заводе стеклопластиков, подтвердили правильность принятых решений и достижение следующих характеристик:

- | | |
|---|-------------------|
| 1. Диапазон контролируемых размеров | от 5 до 35 мм. |
| 2. Погрешность измерения | не более 0,15 мм. |
| 3. Быстродействие | 30 измерений/с. |
| 4. Количество сохраняемых сечений профиля | не менее 1000. |

В настоящее время ведётся разработка варианта прибора на основе параболических зеркал. Данное решение позволит уменьшить габаритные размеры прибора за счет более эффективного использования пространства между его элементами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суранов А.Я., Госьков П.И., Якунин А.Г. Микропроцессорная система измерения параметров бинарных изображений на основе многоэлементного фотоприёмника // Микропроцессорные средства и системы. 1988. №1. С. 54–56.
2. Патент №2301968С1 RU, G01B11/08, G01B11/24 Государственное унитарное предприятие Нижегородское отделение – дочернее предприятие Все-

российского научно-исследовательского института железнодорожного транспорта Министерства путей сообщения Российской Федерации.

3. ILX51.12048-pixel CCD Linear Image Sensor. <http://www.oceanoptics.com/technical/detectorsonyILX511.pdf>

АЛОГОРИТМ АВТОФОКУСИРОВКИ КАМЕР СЛЕЖЕНИЯ

И.С. Довженко, И.Ю. Поляков, студенты

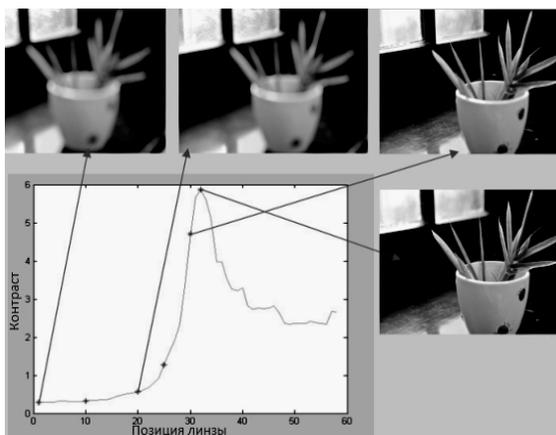
Научный руководитель И.В. Шакиров, доцент

г. Томск, ТУСУР, ФВС, каф. ЭСАУ, fox.user.3@gmail.com

Существует огромное разнообразие автоматических систем, выполняющих те или иные функции по управлению различными физическими процессами во всех областях техники. В этих системах сочетаются разные по конструкции механические, электрические и другие устройства, составляющие, в общем, комплекс взаимодействующих звеньев [1].

Система автофокусировки (АФ) – это классический случай объекта управления с обратной связью, где входные данные – видеопоток, а регулирование осуществляется по некоему критерию. Основной задачей (АФ) является замена трудоемкого процесса ручной фокусировки на автоматическую регулировку объектива в нужное положение для обеспечения хорошего расположения изображения в фокальной плоскости. АФ является ключевым фактором, влияющим на качество финального кадра. Это основано на том, что объект на изображении появляется яснее, когда это изображение находится в фокусе. В противном же случае оно будет размыто. Таким образом, наиболее высокое качество изображения достигается путем установления объектива камеры системой автофокуса в положение с максимальной резкостью.

Рис. 1. Изменение контраста от позиции линзы



Основные системы АФ, разработанные в прошлом, можно разделить на 2 типа: активный и пассивный [2].

Существующие алгоритмы пассивной автофокусировки основаны на нахождении максимума некоторого функционала. В нашем случае – максимума с учетом средней величины контраста.

Алгоритм поиска максимума заключается в следующем: сначала ищется направление, в котором нужно начать движение, для этого вычисляется значение функционала для 2 точек. Затем делается еще один шаг в сторону увеличения функционала и также вычисляется значение функционала. В результате по трем точкам производится смещение по кривой и осуществляется передвижение в вершину этой кривой. Завершающим этапом алгоритма является точное определение максимума с наименьшей величиной шага [3].

Рассматриваемый алгоритм не использует сложных вычислений, что повышает быстродействие, критически важное для систем подобного рода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. 3-е изд. М., 1975.
2. Xin Xu, Yinglin Wang, Jinshan Tang. Automatic Focus Algorithm for Low Contrast Images [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mdpi.com/1424-8220/11/9/8281/pdf> свободный.
3. Лукина Л.А., Сафонов И.В., Маврин Г.Н. Алгоритм автофокусировки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://library.mephi.ru/data/scientific-sessions/2004/12/082.pdf> свободный.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА БЕНЗИНА

С.А. Поляков, М.А. Волков

г. Орел, Академия ФСО России, fmulsu@gmail.com

Задачу определения октанового числа бензина можно реализовать посредством измерения диэлектрической проницаемости ϵ'_x в рассматриваемой полосе частот $f_H \div f_B$ при условии обеспечения минимальной погрешности измерения $\delta \rightarrow \min$.

Основные свойства бензина характеризуется относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon \approx 2,1 \div 2,3$ и удельной электрической проводимостью $\sigma \approx (10^{-17} \div 10^{16}) \text{ См/м}$. Диэлектрическая проницаемость ϵ зависит от частоты измерения, при увеличении которой значение ϵ уменьшается из-за наличия в бензине электрически асимметричных

инерционных ассоциаций, которые с повышением частоты поля не успевают смещаться [2].

Физическая природа величин ϵ и σ автомобильных бензинов различна, и связь между ними зависит от состава бензина, его температуры, наличия примесей и т.д. По значению проводимости σ можно выявлять наличие электропроводящих примесей в бензине. При этом нужно разделять тракты измерения диэлектрической проницаемости и удельной проводимости, а также уменьшать взаимное влияние этих параметров друг на друга. Также нужно учитывать не только диэлектрическую проницаемость ϵ , но и температуру контролируемого топлива T_X .

В соответствии с сформулированной задачей исследования обобщённая модель экспрессного контроля качества бензина включает в себя два первичных измерительных преобразователя (ИП) и генераторное (ГУ) и измерительное (ИУ) устройства (рис. 1).

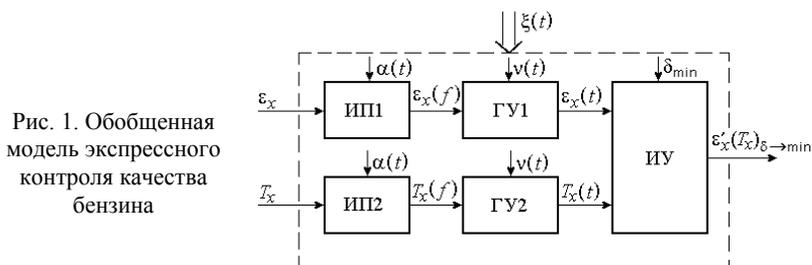


Рис. 1. Обобщенная модель экспрессного контроля качества бензина

Измерительные преобразователи ИП1 и ИП2 содержат колебательные контуры с емкостными датчиками, поэтому изменение октанового числа или температуры вызывает пропорциональное изменение резонансной частоты соответствующего контура и, как следствие, изменение амплитуды, частоты и фазы выходных колебаний генераторов ГУ1 и ГУ2. На изменения этих параметров реагирует измерительное устройство ИУ, которое вычисляет по заданному алгоритму значение октанового числа бензина $\epsilon'_x(T_X)$.

Свойства измерительного преобразователя на основе колебательного контура с емкостным датчиком можно оценить по его эквивалентной схеме, показанной на рис. 2.

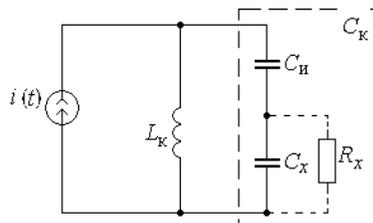


Рис. 2. Эквивалентная схема резонансного измерительного преобразователя

Условие баланса в этой схеме достигается при равенстве частоты входного тока частоте резонанса ($f_B = f_P$), когда выражение для резонансной частоты f_P имеет вид [3]:

$$f_P = 1/2\pi\sqrt{L_K C_K}, \quad (1)$$

где L_K – индуктивность колебательного контура; $C_K = C_{И} \cdot C_X / (C_{И} + C_X)$ – полная емкость измерительной цепи; C_X – емкость датчика с контролируемым материалом; $C_{И}$ – емкость изоляции электродов датчика или зазор между электродами и контролируемым материалом.

Так как емкость изоляции датчика значительно больше измеряемой емкости, то полную емкость измерительной цепи можно определить приближенной формулой

$$C_K \approx C_X. \quad (2)$$

Информацию об октановом числе несет емкость датчика, заполненного контролируемым топливом, которая связана с его диэлектрической проницаемостью ϵ выражением [1]

$$C_X = g\epsilon_X\epsilon_0, \quad (3)$$

где g – геометрический фактор, зависящий от формы и размеров электродов датчика; ϵ_X – относительная диэлектрическая проницаемость материала; $\epsilon_0 \approx 8,85$ пФ/м – диэлектрическая проницаемость вакуума.

Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ_X зависит от совместного влияния диэлектрической проницаемости топлива ϵ_T , диэлектрической проницаемости $\epsilon_{П}$ и относительного объема $k_{П}$ примесей, диэлектрической проницаемости $\epsilon_{прис}$ и относительного объема $k_{прис}$ присадок, поэтому общее выражение для определения диэлектрической проницаемости топлива можно записать следующим образом:

$$\epsilon_X = \epsilon_T + k_{П}\epsilon_{П} + k_{прис}\epsilon_{прис}. \quad (4)$$

Согласно [2] измерение октанового числа выполняется на постоянной температуре. Так как диэлектрическая постоянная углеводородного топлива зависит от температуры T_X , то в выражение (1) следует внести поправочный температурный коэффициент:

$$C_X(T_X) = K_{T_0} \cdot g \cdot \epsilon_X \cdot \epsilon_0, \quad (5)$$

где $K_{T_0} = \frac{\epsilon_X - \epsilon_0}{\epsilon_X(T_X - T_0)} \cdot 100\%$ $1/^\circ\text{C}$, где $T_0 = 20^\circ\text{C}$ – номинальное значение температуры.

Таким образом, решение задачи по определению неизвестного значения диэлектрической проницаемости $\epsilon'_X(T_X)$ бензина сводится к измерению резонансной частоты контура f_P , которая при постоянной индуктивности контура ($L_K = \text{const}$) определяется емкостью $C_X(T_X)$, а с

учетом выражения (3) – диэлектрической проницаемостью ϵ_x контролируемой среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Измерительные преобразователи. М.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Скворцов Б.В., Конюхов Н.Е., Астапов В.Н. Приборы и системы контроля качества углеводородных топлив. М.: Энергоатомиздат, 2000. 287 с.
3. Попов В.П. Основы теории цепей. М.: Высшая школа, 2000.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ПРИМЕНительно К РЕШЕНИЮ ОДНОМЕРНЫХ ЗАДАЧ (ГИДРОДИНАМИКИ)

А.А. Савкина, студентка

Научный руководитель О.И. Черепанов, проф., д.ф.-м.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ЭСАУ, savkina.anna.aleksandrovna@gmail.com

В ходе решения задач моделирования различных физических процессов зачастую возникает необходимость идентификации параметров уравнений в частных производных [1, 2]. Под идентификацией параметров уравнений в данном случае подразумевается нахождение их значений. Реальные физические процессы в основном описываются дифференциальными уравнениями с большим количеством параметров, поэтому нахождение их точных значений представляет большую сложность, и при этом не всегда возможно.

Для того чтобы разработать модель производства, которая может с большой точностью описать нелинейную динамику системы, стандартная жидкостная аналогия расширена до модели, схожей с моделью автострады. Первая жидкостная модель динамики потока трафика, так называемая LWR-модель, была разработана несколько десятилетий назад и названа в честь её авторов (Lighthill and Whitham, 1955, Richards, 1956). Модель основывается на том факте, что ни один автомобиль не будет въезжать и выезжать с автострады, если точка назначения находится достаточно далеко от точек въезда и съезда с автострады. Въезд на автостраду (или вход на производство, в производственной технологии) задаётся граничными условиями. Законы сохранения приводят к уравнению непрерывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + v_{base} \left(1 - \frac{2\rho}{\rho_{max}}\right) \frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho \left(1 - \frac{\rho}{\rho_{max}}\right) \frac{\partial v_{base}}{\partial x} + \frac{v_{base} \rho^2}{\rho_{max}^2} \frac{\partial \rho_{max}}{\partial x}. \quad (1)$$

Далее мы стремимся оценить теоретическую максимальную плотность $\rho_{\max}(x)$ и базовый профиль скорости $v_{base}(x)$ из результатов дискретно-событийного моделирования процесса в соответствии с формулой (1). Тем не менее мы попытаемся оценить параметры профиля скорости, непосредственно используя результаты динамического дискретно-событийного моделирования, не прибегая к составлению уравнения состояния, связывающего объём выполненной работы со временем прохождения детали.

В качестве процедуры оценки параметров, для определения значений функции базовой скорости $v_{base}(x)$ и функции максимальной плотности $\rho_{\max}(x)$, уравнение в частных производных (1) дискретизируется и используется далее для моделирования и оценки вектора дискретизированных значений $v_{base}(x)$ и $\rho_{\max}(x)$. Значение плотности $\hat{\rho}_{i,k}$, полученное в ходе симуляции, обновляется на каждом шаге времени в соответствии со следующим уравнением:

$$\hat{\rho}_{i,k+1} = \hat{\rho}_{i,k} - \bar{v}_i \frac{\Delta t}{\Delta x} \left(1 - \frac{2\hat{\rho}_{i,k}}{\bar{\rho}_i}\right) (\hat{\rho}_{i,k} - \hat{\rho}_{i-1,k}) - \hat{\rho}_{i,k} \frac{\Delta t}{\Delta x} \left(1 - \frac{\hat{\rho}_{i,k}}{\bar{\rho}_i}\right) (\bar{v}_i - \bar{v}_{i-1}) - \frac{\bar{v}_i \hat{\rho}_{i,k}^2}{\bar{\rho}_i^2} \frac{\Delta t}{\Delta x},$$

где \bar{v}_i – оценка $v_{base}(x)$, $\bar{\rho}_i$ – оценка $\rho_{\max}(x)$, i – номер текущего шага производственного процесса, $i-1$ – номер предыдущего шага производственного процесса, k – номер текущего шага во времени, $k+1$ – номер следующего шага во времени.

В результате работы были рассмотрены основы методов идентификации параметров уравнений в частных производных [1, 2], изучены основы моделирования нелинейных систем для решения задач идентификации. Разработаны основы алгоритма оценки параметров систем, для моделирования которых целесообразно использовать уравнения, аналогичные уравнениям одномерной задачи гидродинамики.

ЛИТЕРАТУРА

1. A System Identification Approach to PDE Modeling of a Semiconductor Manufacturing Process / Jay D. Schwartz, Daniel E. Rivera. 15th IFAC Symposium on System Identification. Saint-Malo, France. July 6–8. 2009.
2. Parameter Identification in Partial Differential Equations / Barbara Kaltenbacher. University of Linz. 2005 / 2006. University of Stuttgart. 2007 / 2008.

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ В АЛГОРИТМЕ ПОСТРОЕНИЯ ВЕКТОРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

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

Большинство работ по алгоритмам построения векторов перемещений направлено на повышение точности определения векторов [1, 2]. Но столь же важной является и проблема быстродействия алгоритмов. Наибольшее распространение в литературе по обработке изображений и техническому зрению получили многомасштабные подходы, использующие разложение изображения в пирамиду Гаусса и позволяющие сократить вычисления. Известно сравнительно мало работ, отражающих непосредственно алгоритмическую оптимизацию вычислений при определении оптического потока. В частности, следует отметить работу [3], в которой решается проблема оптимизации вычислительных затрат для алгоритма Lucas-Kanade [4] путем вынесения повторяющихся вычислений в отдельную процедуру.

В настоящей работе была поставлена задача оптимизации вычислительных затрат в алгоритме построения векторов перемещений и проведения сопоставительных исследований помехоустойчивости функционирования такого алгоритма при обработке серий модельных и экспериментально полученных оптических изображений.

Описание метода. Нами разработан подход, позволяющий оптимизировать вычислительные затраты при построении поля векторов перемещений, основанный на динамическом изменении области сканирования. Предполагая, что поле движения является неразрывным и что каждый вектор такого поля связан с соседними векторами, можно формализовать процедуру прогнозирования при определении величины и направления вектора. В работе в качестве базового был развит комбинированный алгоритм построения векторного поля. Вычисление каждого вектора в таком комбинированном алгоритме производится с заданным шагом, который определяет пространственное разрешение поля. В рамках оптимизации комбинированного алгоритма учитывается предположение о неразрывности поля перемещений, что позволяет организовать итеративную процедуру его построения, на каждой итерации которой будет задаваться свой шаг построения векторов. При вычислении каждого вектора производится оценка его достоверности, основанная на анализе величины коэффициента корреляции, характере распределения взаимно корреляционной функции и величине и на-

правлении соседних векторов. На основе полученной оценки достоверности построенный вектор либо используется в дальнейших расчетах, либо нет, что позволяет исключить влияние некорректно найденных векторов на конечный результат. Итеративно уменьшая шаг сетки до заданного, строится все поле векторов перемещений. В качестве прогнозируемого параметра используется размер области сканирования, который рассчитывается на основании данных о величинах и направлениях узловых векторов (векторов, определенных на предыдущих итерациях). Таким образом, уменьшая размер области сканирования, мы исключаем часть избыточных вычислений.

Модельное изображение получали из заданного количества слоев псевдослучайных чисел; при этом каждый слой соответствует определенной пространственной частоте. Формирование серии изображений модельной поверхности с учетом приращения деформации производилось смещением каждой точки модельной поверхности. Для изменения характера рельефа создается серия, каждое изображение в которой формируется из пары изображений двух модельных серий для двухосного растяжения при заданном приращении деформации. Расчет значений пикселей изображений новой серии производится по следующей формуле

$$P = (1 - k) \cdot P_1 + k \cdot P_2,$$

где P_1, P_2 – значения пикселей изображений двух исходных серий, отражающих разный рельеф; k – весовой коэффициент, изменяющийся от 0 до 0,5, с шагом, равным обратному значению количества изображений в серии. Таким образом, каждое полученное изображение несет в себе рельеф двух изображений, «смешанных» в заданной пропорции, которая меняется в соответствии со значением весового коэффициента. *Серия экспериментальных оптических изображений* получена при растяжении образцов меди с покрытием, наплавленным в вакууме электронным лучом.

Быстродействие алгоритмов оценивалось по времени t расчета одного вектора. Для вычисления использовалась ЭВМ со следующими характеристиками: Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E7400 @ 2,80 GHz 2,79 ГГц, 3,00 Гб ОЗУ, Microsoft Windows XP Professional версия 2002 Service Pack 3.

Исследование временного показателя показало сохранение, примерно, постоянным t для комбинированного алгоритма вне зависимости от величины изменяемых параметров (рис. 1). Для оптимизированного алгоритма наблюдается нелинейное изменение t (см. рис. 1).

Проведенные на модельных и экспериментально полученных изображениях исследования показали эффективность предложенного алгоритма, оптимизированного по вычислительным затратам.

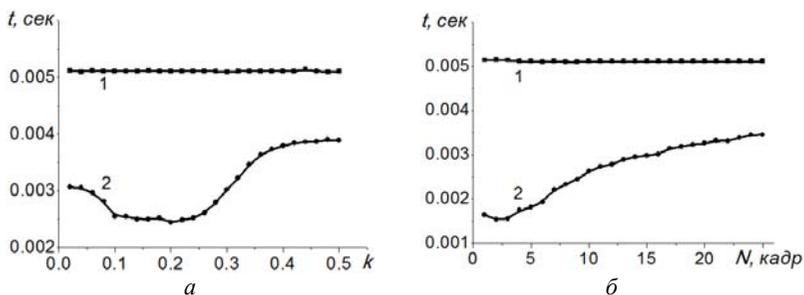


Рис. 1. Зависимость t для модельной (а) и экспериментальной (б) серий для комбинированного (1) и оптимизированного (2) алгоритмов

Кроме того, при ухудшении качества изображений (например, при наличии шума) наблюдается увеличение времени расчета, однако ошибка определения вектора смещения при этом остается на уровне, характерном для неоптимизированного алгоритма. Таким образом, предложенный подход позволяет уменьшать вычислительные затраты, при этом сохраняя помехоустойчивость на прежнем уровне. По всей видимости, такой подход может быть эффективно применен не только в пространственной, но и во временной области, что может дополнительно снизить время расчета при обработке серий изображений с большим количеством кадров, поэтому исследования в данном направлении будут продолжены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xu L., Jia J., and Matsushita Y. Motion detail preserving optical flow estimation // PAMI 34(9). 2012. P. 1744–1757.
2. Sun D., Sudderth E. and Black M.J. Layered segmentation and optical flow estimation over time // IEEE. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2012. P. 1768–1775.
3. Rav-Acha A., Peleg S. Lucas-Kanade without Iterative Warping. Image Processing // IEEE International Conference. 2006. 8-11 Oct. 2006. P. 1097–1100.
4. Bruce D. Lucas. Generalized Image Matching by the Method of Differences: doctoral dissertation, tech. report, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, July, 1984.

СЕКЦИЯ 25

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

*Председатель секции – Дмитриев В.М., декан ФМС,
зав. каф. МОТЦ, д.т.н., профессор;
зам. председателя – Ганджа Т.В., доцент каф. СА, к.т.н.*

ЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ МОДЕЛИ ВОЛАТИЛЬНОСТИ (ARCH-МОДЕЛИ)

*А.Т. Аспембитова, магистрант ФМС
Научный руководитель Е.В. Истигечева, к.т.н., доцент каф. СА
г. Томск, ТУСУР, ФМС, ievne@mail.ru*

Математические модели, описывающие финансовые временные ряды, позволяют наиболее точно определить эволюцию финансовых индексов. Этим объясняется возрастающий интерес к моделям описания финансовых инструментов (моделям волатильности). Прогнозирование и моделирование волатильности позволяют определить истинную стоимость финансовых инструментов [1].

Как и в любых системах управления, при моделировании могут возникать некоторые возмущения. Возмущения, шумы – это неконтролируемые входные параметры, которые могут привести к нежелательным эффектам в поведении управляемых систем. При анализе финансовых рядов появляется необходимость сглаживания, фильтрации этих шумов. Фильтр Калмана–Бьюси, Particle Filter, Марковские цепи Монте Карло используются при моделировании и прогнозировании волатильности финансовых временных рядов. На сегодняшний день наиболее популярным является фильтр Калмана–Бьюси, позволяющий убирать шумы и ненужную информацию [2, 3]. Рассмотрим фильтрацию Калмана для базовой модели из класса моделей волатильности (ARCH-модели):

$$\sigma_n^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i y_{n-1}^2 .$$

Возьмем $p=1$:

$$\sigma_n^2 = \alpha_0 + \alpha_1 y_{n-1}^2 . \quad (1)$$

Для начала необходимо линеаризовать модель для дальнейшей фильтрации.

Обозначим $y^2 = u$

$$\sigma^2 = x.$$

Получим линейную систему уравнений:

$$\begin{cases} x_{n+1} = \alpha_0 + \alpha_1 u_{n-1} + w_{n-1}, \\ Z_n = x_n + v_n, \end{cases} \quad (2)$$

где w_n и v_n – это белые шумы с нормальным распределением, независимые друг от друга; Z_n – прогнозируемая волатильность.

На шаге $n+1$ система эволюционирует и x_{n+1} принимает значение, при котором прогнозируемая волатильность Z_{n+1} будет зашумленной. Чтобы получить наилучшее приближение к истинной координате x_{n+1} и избавиться от шумов, нужно найти оптимальное значение \hat{x}_{n+1} . Прогнозируемому значению придадим вес K . Согласно уравнению Калмана, оптимальное отфильтрованное значение будет иметь вид

$$\hat{x}_{n+1} = K \cdot Z_{n+1} + (1-K) \cdot (\hat{x}_n + u_n), \quad (3)$$

где K – это коэффициент усиления Калмана.

Чтобы найти точное значение коэффициента Калмана, нужно минимизировать ошибку:

$$e_{n+1} = x_{n+1} - \hat{x}_{n+1}.$$

Учитывая уравнение (3), перепишем выражение для ошибки

$$e_{n+1} = (1-K)(e_n + w_n) - K v_{n+1}. \quad (4)$$

Минимизируем среднеквадратическую ошибку (4)

$$E(e_{n+1}^2) \rightarrow \min,$$

$$E(e_{n+1}^2) = (1-K)^2 (E e_n^2 + \sigma_w^2) + K^2 \sigma_v^2. \quad (5)$$

Приравняв производную от (5) к нулю, получаем:

$$K_{n+1} = \frac{E e_n^2 + \sigma_w^2}{E e_n^2 + \sigma_w^2 + \sigma_v^2}. \quad (6)$$

K_{n-1} – минимальное выражение для коэффициента усиления Калмана, при котором отфильтрованное значение \hat{x}_{n+1} будет наиболее приближено к реальным значениям координат x_{n+1} .

Отфильтрованное значение \hat{x}_{n+1} есть линейная функция от Z_{n+1}

и от предыдущего отфильтрованного значения \hat{x}_n .

Фильтр Калмана может быть применен лишь для линейных функций и лишь для гауссовских шумов. Но для расчета параметров многих моделей, в том числе для моделей, описывающих финансовые временные ряды, фильтр Калмана не всегда является оптимальным. Различные фильтры, такие как расширенный фильтр Калмана (Extended Kalman Filter), Unscented Kalman Filter, могут лишь аппроксимировать нелинейность и негауссовость модели. Открытие новых методов оценивания параметров, таких как марковские цепи Монте Карло (МСМС) и Particle Filter (PF), сделало возможным оценивание параметров нелинейных негауссовских моделей [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Истигечева Е.В. Оценивание параметров стохастической волатильности с использованием фильтра Калмана-Бьюси. Томск.
2. Greg Welch, Gary Bishop. An introduction to the Kalman Filter // Department of Computer Science University of North Carolina at Chapel Hill-USA, North Carolina, 2006.
3. Kalman R.E. A new approach to linear filtering and prediction problems // Research Institute for Advanced Study, Baltimore, 1960.
4. Dablemont S., Bellegem S. van, Verleisen M. Forecasting «High» and «Low» of financial time series by Particle systems and Kalman filters / Université catholique de Louvain, Machine Learning Group. Belgium/

ПАКЕТЫ ГЕНЕРАТОРОВ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ФИЗИКЕ, ИНТЕГРИРОВАННЫЕ С ЭЛЕКТРОННЫМИ ОТЧЁТАМИ В ВИРТУАЛЬНОМ ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ

К.В. Бойкова, студентка, А.И. Исмаилова, магистрант,

Г.В. Савчук, студентка

Научный руководитель С.В. Сметанин, вед. программист ЛИСМО

г. Томск, ТУСУР, ssv@fdo.tusur.ru

Проект ГПО ПрЭ-1107 – «Пакет программ тестового контроля знаний»

Студентами факультета дистанционного обучения (ФДО) ТУСУРа в рамках дисциплины «Физика» выполняются лабораторные работы (ЛР), которые объединены в программный пакет – виртуальный лабораторный практикум (ВЛП).

Выполнение ЛР студентом заключается в следующем:

1. Установка ВЛП с диска ФДО на свой компьютер.

2. Подготовка к выполнению ЛР.
 - 2.1. Регистрация (ввод ФИО, логина, варианта работы).
 - 2.2. Изучение руководства и задания к ЛР.
 - 2.3. Входной контроль – простой тест из пяти вопросов с вариантами ответов по заданию к ЛР.
3. Выполнение эксперимента.
4. Обработка результатов.
5. Оформление отчёта.

Отчёт оформлялся студентом в виде текстового (Word) файла и по электронной почте отправлялся на проверку преподавателю вместе с регистрационным файлом, содержащим данные студента и информацию о проведении опытов. Таким образом, окончательный контроль выполнения ЛР осуществлялся преподавателем, в связи с чем при дистанционной форме обучения выявился ряд проблем, среди которых можно выделить две основные.

Во-первых, длительное время проверки каждого отчёта, которое ещё чрезмерно увеличивается в период отпусков, по болезни или из-за командировки преподавателя и т.п.

Во-вторых, отсутствие эффективной системы оценки отчётов, вызванное различием требований преподавателей, неравномерностью ежемесячного поступления отчётов на проверку (в одном месяце может быть много, в другом совсем ничего) и др.

Описанные проблемы успешно решаются при организации контроля, аналогичного проверке отчётов выполнения компьютерных контрольных работ, которые используются на ФДО. Поэтому от разработчиков требуется автоматизировать следующее:

1. Проверку правильности выполнения экспериментов в ЛР.
2. Проверку правильности вводимых данных, полученных студентом, в предлагаемой форме электронного отчёта по ЛР.
3. Выходной контроль в виде теста.
4. Проверку файлов отчёта на предмет фальсификации.
5. Ввод информации о зачёте за ЛР в общую базу ФДО.

Электронные отчёты разрабатываются на принципах:

1. Неограниченное время выполнения ЛР в части заполнения формы и выходного контроля (предусмотрено сохранение результатов на текущий момент с возможностью возврата к отложенной работе).
2. Заполнение электронного отчёта в обучающем режиме, т.е. в случае ошибок выводятся подробные комментарии, какого рода ошибка могла быть совершена.

Этапы выполнения ЛР «Регистрация», «Входной контроль» и «Эксперимент» остались без существенных изменений. Этап «Оформление отчёта» из текстовой формы трансформирован в электронный

вид «Форма отчёта», причём, проверка электронного отчёта осуществляется компьютером последовательно по шагам при вводе требуемых параметров. Заключительный этап «Контрольные вопросы», на которые требовалось отвечать в конце текстового отчёта, преобразован в тест «Выходной контроль» с тремя вопросами и одной задачей по теме ЛР.

Заполнив электронный отчёт и успешно пройдя выходной контроль, студент получает зачёт. Результаты действий студента заносятся в защищённый файл отчёта, который сохраняется студентом на своём компьютере и отправляется на проверку по электронной почте. После проверки файла отчёта специальной программой зачёт автоматически проставляется в базу ФДО.

В отдельную сложную творческую задачу выделяется разработка тестов «Выходной контроль» для каждой из ЛР, входящей в ВЛП. «Выходной контроль» интегрируется с электронными отчётами и по результатам его выполнения также выставляется отметка о зачёте по ЛР.

В тесте «Выходной контроль» первые три теоретических вопроса представляют собой задания трёх типов:

1. Множественный выбор, когда указывается один или несколько ответов от множества вариантов – от трёх до десяти.
2. Ввод ответа в специальное поле в виде последовательности символов – слово, словосочетание, буквенно-цифровые обозначения.
3. Ввод ответа в специальное поле в виде числового значения, где правильным ответом считается заданный диапазон.

Задачи в тесте «Выходной контроль» представляют собой задания генераторного типа, сложность которых обусловлена необходимостью правильно задать диапазоны входных данных. Входные данные должны генерироваться так, чтобы при расчёте правильного ответа по запрограммированной формуле не возникало ошибок (деление на ноль, корень из отрицательного числа и т.п.). Также входные данные должны укладываться в физические диапазоны, присущие описываемым в условиях задач материалам, устройствам, процессам и явлениям.

Так как теоретические вопросы и задачи реализуются в обучающем режиме, необходимо в случае ошибок при выполнении тестов предусмотреть подсказки, которые, с одной стороны, должны быть вполне информативными, но, с другой стороны, не раскрывать полностью правильный ответ. Разработка такого рода рекомендаций также является сложной задачей.

В настоящее время автоматизированная проверка реализована для трёх первых ЛР, выполняемых студентами по дисциплине «Физика. Ч. I». Эти ЛР уже введены в эксплуатацию и выполняются студентами. Остальные пять ЛР (три из «Физика. Ч. II» и две из «Физика. Ч. III») находятся на стадии разработки, и в ближайшее время также планируются их внедрение.

СИСТЕМА ПРОВЕРКИ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ И ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ

А.Н. Черников, студент

г. Томск, ТУСУР, ЭФ, каф. ЭМИС a.chernikov@astra.ws

Одна из главных задач учебных заведений – это выпуск квалифицированных специалистов. Существует множество методов оценки знаний и квалификаций людей, одна из них – тестирование. Но на составление, проверку и анализ результатов уходит колоссальное количество времени, а также ресурсов. Таким образом, разумно поручить этот процесс, а именно генерацию тестов, проверку и анализ, вычислительной системе.

Цель проекта – создание системы проверки остаточных знаний и анализа результата.

Перед началом работы, был проведен анализ существующих программных продуктов, чтобы предусмотреть плюсы и недостатки в своей работе.

После просмотра ряда продуктов, были сделаны определенные выводы для создания приложения: кроссплатформенность, масштабируемость, клиент-серверная архитектура, использование баз данных для хранения вопросов и результатов тестирования, рекомендации по итогам прохождения, возможность использования любого типа контента в тексте вопроса, проведение группового тестирования, интерактивное общение с пользователем.

Первым делом была выбрана СУБД (система управления базой данных) и составлена схема будущей БД (база данных). При выборе СУБД ключевыми критериями стали:

- масштабируемость, так как количество студентов, преподавателей, и, возможно, специалистов будет неизменно расти со временем;
- кроссплатформенность, чтобы обеспечить свободный перенос системы с одной ОС (операционная система) на другую;
- контроль доступа;
- условия распространения и использования;
- быстродействие;
- отказоустойчивость.

На основе выделенных критериев была выбрана СУБД MySQL и спроектирована структура БД для нашего приложения.

Клиент-серверная архитектура была выбрана в качестве основной, так как позволяет производить изменения в системе, не затрагивая пользователей. В качестве клиента выступает любой интернет-браузер, так как это позволяет использовать ресурсы системы с любого компь-

ютера, подключенного к сети Интернет. В качестве сервера в этом случае выступает приложение, написанное на языке программирования PHP (php hypertext preprocessor).

Система состоит из трех модулей:

- Модуль сбора информации, который используется для сбора информации из различных источников. В него входит: система добавления вопросов из файлов, на основе шаблонов, система распознавания бланков ответов и набор форм для добавления разнообразных данных.
- Модуль обработки статистики, отвечающий за процесс генерации результатов тестирования на основе разработанной модели оценки знаний и генерацию списка вопросов в конкретных тестированиях.
- Модуль хранения и вывода информации, отвечающий за такие вещи, как: генерация бланка «оффлайн-тестирования», генерацию тестирований, отображения графиков и хранение информации.

В результате проделанной работы была разработана система, позволяющая пользователю многократно проходить тестирования по заданной теме, при этом наблюдать прогресс/регресс в личном кабинете в виде графиков и диаграмм. Преподавателям данная система позволяет добавлять тестирования, используя в качестве контента вопросов любые материалы (картинки, видео, аудио, другие файлы); добавлять группы вопросов, используя систему добавления контента из файлов по заданному шаблону; смотреть за результатами тестируемых групп в виде графиков и диаграмм; следить за прогрессом тестирования в режиме реального времени; проводить «оффлайн-тестирования», то есть давать возможность преподавателю напечатать список вопросов и бланк ответов и, используя QR-код, сохранить уникальный номер тестирования, впоследствии используя данный код – распознать номер тестирования и, используя номера отмеченных вариантов ответов на вопросы, проверить тестирование с помощью ресурсов системы.

СТРУКТУРА И ЗАДАЧИ ЦЕНТРОВ МОЛОДЕЖНОГО ИННОВАЦИОННОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ

*В.М. Дмитриев, д.т.н., проф., В.В. Ганджа, аспирант
г. Томск, ТУСУР, каф. МОТЦ*

Цели и задачи Центра. Как определялось выше, Центр молодежного инновационного прототипирования (ЦМИП) [1] является одной из форм реализации научно-технического творчества молодежи.

Основной целью ЦМИП является, прежде всего, активное участие в изменении сознания молодежи путем популяризации проекти-

рования и конструирования на кибер- и радиоуправляемых моделях, отбора творчески одаренных школьников и студентов для производства проектно-исследовательских работ в области автоматизации управления кибермоделями, а также их испытаний в спортивно-игровых ситуациях.

НТТМ в рамках Центра – это способность и возможности реализовывать свои идеи в виде эффективного результативного решения:

- проекта;
- прототипа;
- патента;
- презентации;
- внедрения разработки;
- создания малого предприятия;
- др.

в сфере науки, техники и технологий, способствующие профессиональному самоопределению в этой области.

К **кибермоделям и радиоуправляемым моделям** относятся модели авиационной, автомобильной, военной техники, водные транспортные средства, роботы и механические куклы, а также другие модели, основанные на встроенных системах автоматики и радиоуправления, включая изделия медицинской и бытовой техники.

Данный класс объектов выбран в силу того, что это **мультифизические системы**, отражающие собой в масштабе большинство современных сложных технических устройств и систем как гражданского, так и военного назначения.

Для реализации ЦМИП необходимо учитывать **главные задачи**, которые предстоит решать.

• **Задача 1.** Создание современных учебно-методических комплексов (включая учебно-методические комплексы на основе современных информационно-телекоммуникационных технологий) для программ НТТМ нового поколения.

• **Задача 2.** Формирование банка реальных проектных задач для молодых исследователей.

• **Задача 3.** Разработка типовых профориентационных программ, технологий и методик, ориентированных на постижение основ профессий в сфере науки, техники и технологий, а также набора тренажеров.

• **Задача 4.** Наличие проектно-конструкторского инструментария и производственно-технологических площадок для пользователей.

• **Задача 5.** Формирование программ подготовки, повышения квалификации и переподготовки педагогических и научно-технических кадров системы НТТМ.

Структурно-блочная схема Центра. В соответствии с этим его структурно-блочная схема представляет собой многоуровневую схему, включающую в себя организационное, учебно-методическое и информационное обеспечение Центра (рис. 1).

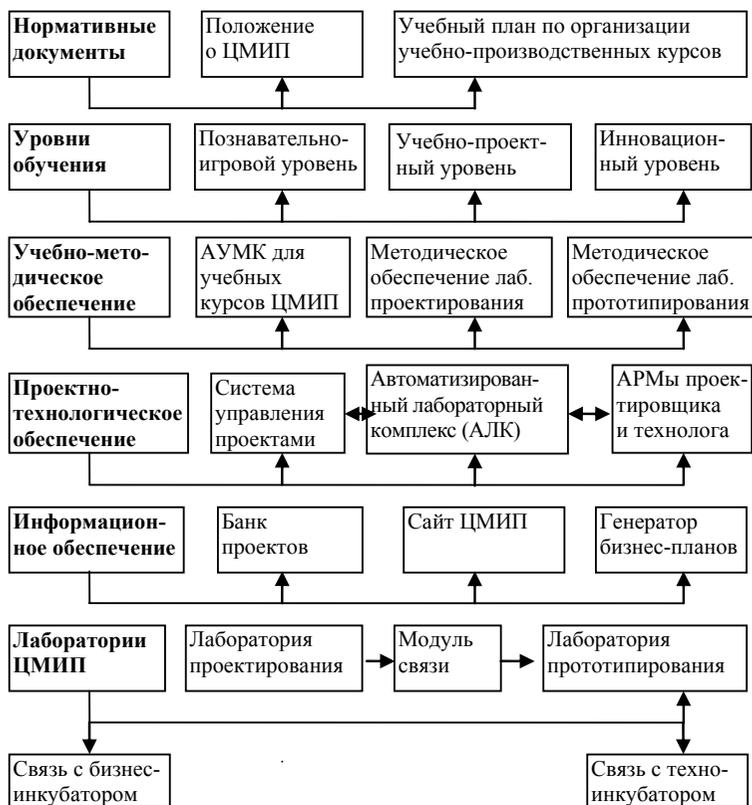


Рис. 1. Структурно-блочная схема ЦМИП

Многоуровневое обучение в системе ЦМИП. Научно-техническое творчество молодежи в рамках центров, профильных классов и технических кружков может быть разделено на несколько уровней:

- *1-й уровень – познавательный.* Просветительская деятельность и популяризация науки, техники и технологий; интеллектуальный практико-ориентированный досуг детей и молодежи;
- *2-й уровень – учебный.* Начальное научно-техническое творчество и предпрофильная подготовка по направлениям науки, техники и технологий на примерах кибермоделей;

3-й уровень – инновационный. Выход на профессиональный уровень подготовки в сферах науки, техники и технологий и технологического предпринимательства молодежи. Этот уровень может включать научно-исследовательский модуль, проектно-конструкторскую лабораторию, лабораторию инновационного прототипирования, мини-производство и выставочно-экспозиционный модуль.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Ганджа В.В., Харьковская Я.А. Проектирование и конструирование кибермоделей мобильных устройств: учеб. пособие для центров молодежного инновационного прототипирования. Томск: В-Спектр, 2013. 220 с.

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИФИКАЦИИ IMS QT1

С.И. Франчук, магистрант

Научный руководитель В.В. Кручинин, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, xcorter@mail.ru

Технологии дистанционного обучения позволяют производить обучение студента в любой точке мира. Для этого ему необходим всего лишь компьютер и доступ в сеть Интернет. Они являются основными инструментами в образовательном процессе, который можно в общем случае разложить на две части: изучение материала и контроль знаний.

Несмотря на то, что дистанционное обучение подразумевает использование сети Интернет, студенты не всегда могут иметь доступ к ней, поэтому необходимо создавать локальное, то есть без использования Интернет, программное обеспечение для тестирования знаний.

На сегодняшний день на факультете дистанционного обучения (ФДО) Томского университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) применяется следующий метод создания и проведения контрольных работ: преподаватели присылают контрольные работы в текстовом виде на ФДО, где их преобразовывают в специально разработанный формат и создают локальное и сетевое приложение, которое производит тестирование обучаемого. Данный подход содержит три отрицательных момента:

1. Программисты тратят большое количество времени на преобразование вопросов, полученных от преподавателя, в требуемый формат.
2. Созданное для тестирования приложение позволяет студенту только отвечать на вопросы, в то время как современные образова-

тельные технологии позволяют создавать многоэтапные тестовые задания [1], встраивать в вопросы мультимедийный контент.

3. Локальные и сетевые приложения имеют различные форматы хранения тестов, поэтому возникает необходимость перехода на единый формат IMS QTI [2].

Спецификация IMS QTI описывает модели данных, предназначенные для представления вопросов, тестов и их результатов. Ее использование позволяет осуществлять обмен вопросами, тестами и результатами тестирования между средствами разработки, банками вопросов, обучающими системами [3].

Предлагаемая технология ориентирована на устранение вышеперечисленных недостатков и включает в себя следующие этапы:

1. Создание вопросов преподавателем.
2. Преобразование вопросов к спецификации IMS QTI.
3. Выполнение контрольных работ студентом.
4. Генерация протокола с последующей отправкой на ФДО и фиксации оценки.

Создание вопросов производится преподавателем с помощью пакета Microsoft Office. Преподаватель набирает текст вопроса и ответ, используя при этом различные стилистические средства. Совокупность стилистических средств, которым преподаватель отмечает текст вопроса, варианты ответа образуют размеченный текст. Используя программное обеспечение для подготовки тестов, производится анализ разметки теста и преобразование в разметку, соответствующую спецификации IMS QTI.

Необходимость использования спецификации IMS QTI обусловлена применением на ФДО системы дистанционного обучения Moodle, которая поддерживает этот формат. Также IMS QTI предоставляет широкие возможности в создании интерактивных вопросов.

При выполнении контрольной работы, тестовое задание обрабатывается программным обеспечением «Программный интерпретатор тестов в формате IMS QTI» – это программное средство, позволяющее выполнять интерпретацию тестовых заданий, которые описаны в соответствии со спецификацией IMS QTI [2]. По завершении теста ПО генерирует отчет, который пользователь должен отправить на проверку. Преподаватель проверяет полученный отчет и выставляет оценку.

Применение данной технологии позволяет сократить количество времени, затрачиваемое на создание контрольной работы, а также расширить возможности в проведении контрольных работ путем внедрения многоэтапных тестовых заданий, мультимедийного контента. На текущий момент технология находится в стадии разработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исмаилова А.И. Использование системы интернет-тестирования moodle для реализации пакета генераторов многоэтапных тестовых заданий // Матер. конф. «Новые информационные технологии в научных исследованиях». Рязань: Редакционно-издательский центр РГРТУ, 2012. 13 с.
2. Франчук С.И. Программный интерпретатор тестов в формате IMS QTI / С.И. Франчук, В.В. Кручинин // Сб. тр. Всерос. молодежной конф. Томск: Изд-во Том. политех. ун-та, 2012. 70 с.
3. IMS Question and Test Interoperability Implementation Guide. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.imsglobal.org/question/qtiv2p1pd2/ims_qti_implv2p1pd2.html свободный (дата обращения: 11.03.2013).

МНОГОУРОВНЕВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

*Т.В. Ганджа, доцент, к.т.н., С.И. Гаврилов, аспирант
г. Томск, ТУСУР, каф. СА, budokai@sibmail.com*

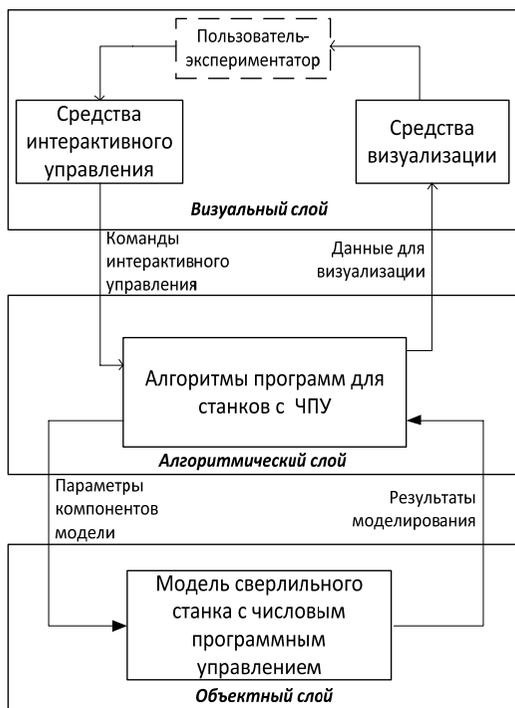
Цели и задачи компьютерного моделирования сверлильного станка с числовым программным управлением. В настоящее время в сферах среднего и высшего профессионального образования большое внимание уделяется не только получению теоретических знаний по определенным дисциплинам технического профиля, но и приобретению практических навыков работы на различном оборудовании. В связи с его отсутствием и большой стоимостью для приобретения в настоящее время развиваются различные компьютерные средства их замещения.

При изготовлении печатных плат радиоэлектронных устройств нашли широкое применение сверлильные станки с числовым программным управлением (ЧПУ), позволяющие с большой точностью позиционирования просверлить в печатной плате отверстия для крепления на нее различных радиоэлементов. Программа управления таким станком представляет собой направленный для изготовления определенного изделия набор команд с необходимыми параметрами функциональных узлов станка.

В данной работе формируется многоуровневая компьютерная модель сверлильного станка с ЧПУ для целей исследования его статических свойств и динамических характеристик при выполнении разнообразных функций и алгоритмов сверления различных печатных плат, содержащих множество отверстий различного диаметра. Такая модель, включающая визуальный динамический образ станка с ЧПУ, будет делать в основе разработки компьютерного тренажера, предназначен-

ного для приобретения первоначальных навыков работы со станком с ЧПУ и формирования программ для его управления.

Обобщенная многоуровневая компьютерная модель сверлильного станка. Для построения компьютерной модели сверлильного станка с ЧПУ может быть применена среда многоуровневого компьютерного моделирования. Построенная в формате метода компонентных цепей [1], она позволит исследовать его статические и динамические свойства, а также представить программу управления станком в виде соединенных между собой блоков, каждый из которых осуществляет воздействия на модель станка. На основе компьютерной модели станка с ЧПУ будет построен тренажер для обучения студентов технических специальностей и переподготовки персонала промышленных предприятий.



Формирование многоуровневой компьютерной модели сверлильного станка с ЧПУ, предназначенной для формирования и отладки программ управления, производится в многослойном графическом редакторе (рис. 1). Каждый его слой соответствует определенному уровню представления модели.

Рис. 1. Архитектура многоуровневой компьютерной модели сверлильного станка с числовым программным управлением

– *Объектный* – слой, на котором представлена модель сверлильного станка с ЧПУ, позволяющая исследовать его статические и динамические свойства. Она представляется в виде совокупности взаимосвязанных между собой компонентов, отражающих его основные

функциональные блоки. Каждый из них описывается определенной математической моделью в виде совокупности алгебро-дифференциальных уравнений.

– *Алгоритмический* – слой представления программ числового программного управления станками, каждая команда которых выражена соответствующим компонентом. Выделяются следующие входящие в программы функции сверлильного станка: выбор сверла определенного диаметра и закрепление его в патроне; перемещение шпинделя сверлильного станка с закрепленным сверлом по оси абсцисс OX ; перемещение шпинделя по оси ординат OY ; опускание шпинделя по оси аппликат OZ ; вращение шпинделя вокруг оси OZ с определенной скоростью; останов шпинделя; возврат шпинделя в начальное положение по оси OZ ; возврат шпинделя в начальное положение по оси OY ; 9) возврат шпинделя в начальное положение по оси OX .

– *Визуальный* – слой отображения промежуточных и итоговых результатов выполнения программ, примененных к модели сверлильного станка с ЧПУ, в понятном для пользователя виде. На данном слое визуализации подлежат основные функциональные части сверлильного станка: сверло, шпиндель, движущийся по направляющим рейкам, а также радиомонтажная плата, являющаяся заготовкой, на которой необходимо нанести отверстия. Кроме этого, на нем будут располагаться органы интерактивного управления.

Построенная в формате метода компонентных цепей многоуровневая компьютерная модель станка с ЧПУ с развитой визуальной частью позволит проводить научные исследования и автоматизировать процессы обучения работе с данным станком.

Заключение. В данной работе представлена многоуровневая компьютерная модель сверлильного станка с ЧПУ, включающая в себя математическую модель его основных функциональных узлов и блоков, имитационную модель алгоритмов управления и визуальную модель, позволяющую в графической форме визуализировать работу модели при выполнении сформированной программы. Она лежит в основе построения компьютерного тренажера, предназначенного для приобретения навыков работы со сверлильным станком с ЧПУ при изготовлении печатных плат радиоэлектронных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганджа Т.В. Формализованное представление обобщенного технически сложного объекта с компьютерной моделью в контуре управления // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. 2012. № 2. С. 29–35.
2. Дмитриев В.М. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦВЕТНЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Т.Е. Григорьева, студентка ФМС

*Научный руководитель Е.В. Истигечева, доцент каф. СА, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, ievne@mail.ru*

Сеть Петри (СП) – это инструмент исследования дискретно-событийных систем. СП применяется исключительно в моделировании, т.е. явление изучается не непосредственно, а косвенно, через модель. Ожидается, что при моделировании можно получить новые знания о моделируемом объекте, избегая опасности, дороговизны или неудобства манипулирования самим реальным явлением [1].

Моделирование применяется в астрономии, ядерной физике, социологии, биологии, химии и конечно в вычислительных системах.

Применение классических подходов и добавление дополнительных атрибутов позволили разработать сети различной целевой направленности, получившие название *расширенные*.

Рассмотрим 2 вида расширенных сетей Петри: цветные и предикатные [2].

В цветных сетях вводится понятие цвета фишек. В общем случае может быть n цветов. Для моделирования вычислительной техники используются трехцветные сети ($n = 3$).

Предикатные сети – это сети с логическим описанием состояния системы. Данные сети позволяют связывать с компонентами-переходами сетей логические формулы (предикаты или защиту), представляющие классы возможных разметок во входных и выходных позициях в соответствии с метками дуг. Эти выражения задают условия отбора необходимых цветов для срабатывания переходов.

Для моделирования сетей Петри предлагается использовать метод компонентных цепей, который предполагает выделение компонентов систем и построение их моделей [3]. Модель в МКЦ формируется автоматически с учетом четырех основных аспектов – топологического, физического, математического (логического) и геометрического и представляет собой систему алгебро-дифференциальных уравнений в обыкновенных или частных производных.

Конкретно для моделирования цветных сетей в среде моделирования МАРС определен следующий набор компонентов: «Источник фишек», «Цвет фишек», «Предикат», «Хранилище фишек».

Компонент «Источник фишек» имеет следующее графическое представление (рис. 1):

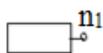


Рис. 1. Компонент «Источник фишек»

Алгоритм работы этого компонента: Данный компонент подает то количество фишек, которое вы задаете в свойствах компонента. Также в свойствах компонента вы можете задать его время работы.

Математическая модель компонента «Источник фишек»:

$$V_{n1} = \begin{cases} 1, & \text{если } t = \Delta T \cdot n, \\ 0, & \text{если } t \neq \Delta T \cdot n, \end{cases}$$

где V_{n1} – отправляемые фишки (внешняя переменная); n – количество фишек и ΔT – промежуток времени, через который поступают фишки (параметр); t – текущее время (системные параметры).

Компонент «Цвет фишек» имеет следующее графическое представление (рис. 2):

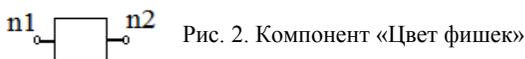


Рис. 2. Компонент «Цвет фишек»

Алгоритм работы этого компонента: Данный компонент принимает фишки и каждой из них в соответствие присваивает цвет. Например, красный, зеленый или синий. Цвет фишки задается в свойствах компонента.

Математическая модель компонента «Цвет фишек»:

$$V_{n1} = \begin{cases} n & \text{если } t = \Delta T \cdot n, \\ 0 & \text{если } t \neq \Delta T \cdot n, \end{cases} \quad V_{n2} = \begin{cases} c & \text{если } V_{n1} = n, \\ 0 & \text{если } V_{n1} = 0, \end{cases} \quad c = 0, 1, 2.$$

где V_{n1} – входящие фишки и V_{n2} – фишки на выходе (внешние переменные); n – количество фишек (внутренняя переменная); ΔT – промежуток времени, через который поступают фишки и c – цвет фишки (параметры); t – текущее время (системные параметры).

Компонент «Предикат» имеет следующее графическое представление (рис. 3):

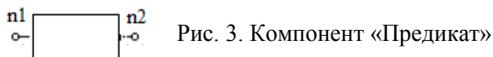


Рис. 3. Компонент «Предикат»

Алгоритм работы этого компонента: Данный компонент делает запрос цветным сетям и принимает от них фишку определенного цвета, который задается в свойствах компонента.

Математическая модель компонента «Предикат»:

$$V_{n1} = \begin{cases} 1 & \text{если } t = \Delta T \cdot n, \\ 0 & \text{если } t \neq \Delta T \cdot n, \end{cases} \quad V_{n2} = \begin{cases} 1 & \text{если } V_{n1} = C_3, \\ 0 & \text{если } V_{n1} \neq C_3, \end{cases}$$

где V_{n1} – входящие фишки и V_{n2} – фишки на выходе (внешние переменные); n – количество фишек (внутренняя переменная); ΔT – промежуток времени, через который поступают фишки, и c – цвет фишки (параметры); t – текущее время (системные параметры).

Компонент «Хранилище фишек» имеет следующее графическое представление (рис. 4):



Рис. 4. Компонент «Хранилище фишек»

Алгоритм работы этого компонента: Данный компонент собирает фишки.

Математическая модель компонента «Хранилище фишек»:

$$\text{count}(h+1) = \begin{cases} \text{count}(h)+1 & \text{если } V_{n1} = 1, \\ \text{count}(h) & \text{если } V_{n1} = 0, \end{cases} \quad V_{n1}(t+h) = 0,$$

где V_{n1} – входящие фишки (внешняя переменная); $\text{count}(h)$ – количество фишек (внутренняя переменная); h – шаг моделирования и t – текущее время (системные параметры).

Составив из всех представленных компонентов компонентную цепь, можно решать задачи из разных областей. Например, решим задачу из области социологии. Проведя социологический опрос, с помощью нашей схемы социологи смогут быстро проанализировать результаты, разбив данные на 3 группы: молодые люди, среднего возраста и пожилые люди.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губин И.Г. Разработка систем автоматизированного проектирования (САПР). Организация системотехнической деятельности при создании САПР. Ч. 1: учеб. пособие. Томск: Том. МЦДО. 2001. 127 с.
2. Ехлаков Ю.П., Жуковский О.И., Сенченко П.В., Тарасенко В.Ф. Сети Петри в моделировании бизнес-процессов. Теоретические основы и приложения. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. 180 с.
3. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Зайченко Т.Н., Ганджа Т.В. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ «УМНОЙ ТЕПЛИЦЫ НА ГИДРОПОНИКЕ» ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЕЕ МОДЕЛИ

Я.А. Харьковца, ассистент, В.С. Куринька, магистрант

Научный руководитель В.М. Дмитриев, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. СА, dmitriewvm@gmail.com

В данной статье производится системный анализ такого сложного технического объекта, как «Умная теплица на гидропонике (УТГ)», для целей построения ее компьютерной модели.

Системный анализ такого объекта, как «умная теплица на гидропонике (УТГ)», для целей построения ее компьютерной модели производится в несколько этапов.

На первом этапе строится и последовательно уточняется структурная блок-схема УТГ (рис. 1), формулируются требования к режимам функционирования ее подсистем и блока управления, отличающиеся от традиционных (холод, малый световой день, малый приток необходимых питательных веществ в корневую систему и т.д.).



Рис. 1. Структурная блок-схема «Умная теплица на гидропонике»

На втором этапе вычленим все основные подсистемы УТГ:

- подсистема энергообеспечения;
- информационно-измерительная подсистема;
- исполнительная подсистема;
- объект управления;
- система управления.

На третьем этапе выделяем компоненты и блоки подсистем и строим компьютерные модели выделенных компонентов.

Подсистема энергообеспечения содержит источники электрической, тепловой и световой энергии для устройств освещения, нагрева и охлаждения.

Исполнительная подсистема содержит насосы (циркуляционный и для подачи веществ), водогрейный тэн, устройства охлаждения, гидроремкости, микрокомпрессор и сервоприводы.

Информационно-измерительная подсистема содержит различные типы датчиков: датчики температуры и влажности, датчики содержания солей, кислородный датчик.

Объект управления – это поддон с растениями, в котором выращиваются продукты питания, и емкость для питательного субстрата.

Блок управления содержит микроконтроллер, драйверы, платы сбора данных и аналого-цифровые преобразователи.

На четвертом этапе вычленим локальные задачи управления:

- поддержание температуры;
- обеспечение освещения;
- поддержание влажности и кислорода;
- обеспечение режима вентиляции (свежий ветерок) в теплице;
- обеспечение притока питательного субстрата.

На пятом этапе создаем проектные модели задач управления.

На шестом этапе производится трансляция проектных моделей в алгоритмы и программы микроконтроллера. Производится их отладка на реальном объекте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интенсивная светокультура растений – альтернативная система жизнеобеспечения человека / О. Ильин, Т. Ильина. URL: <http://viesh.ru/old/Iljin-1.htm> (дата обращения: 01.03.2013).

2. Автоматизация полива вашей теплицы. URL: http://www.promgidropnica.ru/poliv_v_terplice (дата обращения: 01.03.2013).

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ ДЛЯ СНЯТИЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИБОРОВ

С.С. Харьков, аспирант каф. МОТЦ,

И.В. Довгалюк, А.В. Смагин, студенты каф. СА

Научный руководитель В.М. Дмитриев, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, jurgasergeich@gmail.com

Целью проектного исследования была задача разработать программно-аппаратный комплекс высокой чувствительности и точности, для снятия вольт-амперных характеристик (ВАХ) реальных электрон-

ных компонентов. С помощью программы, разработанной для аппаратно-программного комплекса, требуется получать, хранить и отображать полученные данные.

В ходе анализа источников [1] и постановки задачи на разработку прибора была сформулирована проблема недостаточной точности снятия ВАХ, обусловленная низкой разрядностью ЦАП и АЦП.

Для разработки аппаратной части комплекса потребовалось изучение алгоритма снятия ВАХ с электронных компонентов (рис. 1) и соответствующий подбор деталей для реализации комплекса.

Было решено использовать:

- микроконтроллер ATmega 2560;
- микросхему FTDI (RS232);
- цифроаналоговый преобразователь AD420;
- аналого-цифровой преобразователь AD7706;
- операционный усилитель LM358.

Микросхема FTDI требуется для связи аппаратной и программной части комплекса.

Потребовались внешние ЦАП и АЦП, так как встроенные 8 битные ЦАП и АЦП ухудшают результаты измерения. Минимальный шаг, который здесь можно получить из 8 бит, – это ~ 20 мВ (256 значений измеряемого напряжения на предел в 5 В). Данной дискретности очень мало, и погрешность измерения будет неприемлемой. Для решения этой задачи используются 16-битные ЦАП и АЦП, что позволяет уменьшить шаг измерения до ~ 70 мкВ (65535 значений измеряемого напряжения на предел в 5 В).

Еще одним довод в пользу перехода на внешний ЦАП – это то, что встроенный ЦАП микроконтроллера имеет простейший тип ЦАП – ШИМ (широотно-импульсный модулятор). В данном типе ЦАП стабильный источник питания периодически включается на время, пропорциональное преобразуемому цифровому коду, далее полученная импульсная последовательность фильтруется аналоговым фильтром низких частот. Но из-за того, что в фильтрах низких частот присутствуют ёмкостные составляющие, обладающие последующей инерционностью, время изменения напряжения увеличивается, что увеличивает и время снятия ВАХ. По этой причине был выбран ЦАП лестничного типа (цепная R-2R схема). В R-2R значения создаются в специальной схеме, состоящей из резисторов с сопротивлениями R-2R, называемой матрицей постоянного импеданса, которая имеет два вида включения: прямое – матрица токов и инверсное – матрица напряжений. Применение одинаковых резисторов позволяет существенно улучшить точность по сравнению с обычным взвешивающим ЦАП.

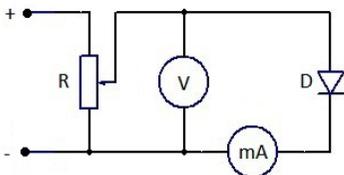


Рис. 1. Принципиальная схема снятия ВАХ с диода

Снятие ВАХ на схеме (рис. 1) содержит следующие этапы:

1. Переменным резистором R устанавливается минимальное напряжение.

2. Снимаются показания вольтметра и миллиамперметра.

3. Равномерным увеличением напряжения резистора R , снимается зависимость I от U .

4. На основании полученных данных строится график ВАХ.

Для получения и обработки данных, полученных в ходе измерений, была разработана программа Qvah. Программа написана в среде разработки Qt. Главным достоинством данной среды является ее кроссплатформенность. Она позволяет запускать написанное с ее помощью ПО в большинстве современных операционных систем путём простой компиляции программы для каждой ОС без изменения исходного кода.

Связь аппаратной и программной частей комплекса осуществляется посредством шины USB с помощью микросхемы FTDI(RS232).

Алгоритм работы программы состоит из следующих шагов:

1. Выбор COM-порта для связи с аппаратной частью комплекса.

2. Установка минимального и максимального значения напряжений.

3. Установка шага выполнения эксперимента.

4. Получение данных с аппаратной части (данные записываются в массив).

5. Построение графика (рис. 2), основываясь на полученных данных.

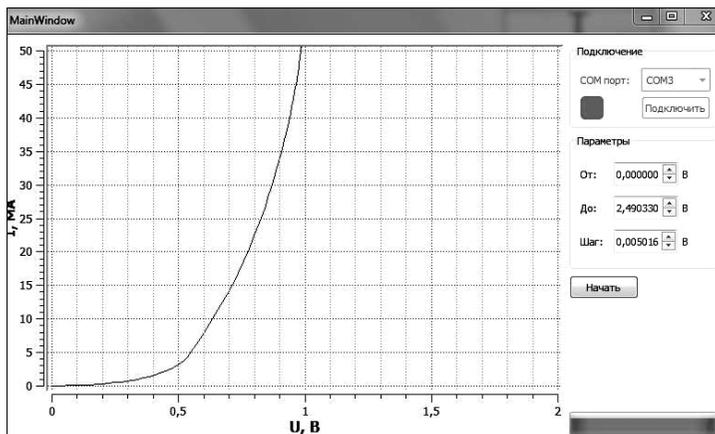


Рис. 2. ВАХ полупроводникового диода

ЛИТЕРАТУРА

1. Войтович И.Д., Корсунский В.М. Интеллектуальные сенсоры: учеб. пособие. М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 624 с. (Основы информационных технологий).

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО ТЕКСТУ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ (ОБЗОР)

С.Л. Хомич, аспирант каф. ПрЭ

*Научный руководитель В.В. Кручинин, зав. каф. высшей математики,
д.т.н., зав. ЛИСМО
г. Томск, ТУСУР, hsl@2i.tusur.ru*

Современные тенденции в образовательных технологиях обусловили повышенный интерес к проблеме визуализации, т.к. более 80% всей информации в процессе своей жизнедеятельности человек получает благодаря зрительному анализатору. Зачастую изображение понятнее множества слов. А наглядность учебных материалов способствует активизации мыслительных способностей студентов, формируя у них потребность в получении новых знаний, пробуждая устойчивый интерес к изучаемому предмету. Таким образом, создание визуального ряда для образовательных ресурсов приобретает особую значимость. Однако небольшое количество изобразительных компонентов в учебных изданиях, а иногда и полное их отсутствие свидетельствуют о том, что процесс создания изображений является достаточно трудоемким и занимает много времени. В связи с этим автоматизация процесса генерации изображений по тексту учебного издания является актуальной.

В области технических наук проблемы генерации изображения по тексту на естественном языке только начинают набирать обороты. Разработка систем генерации изображений по тексту (ТТР-систем, от англ. *Text-to-Picture Synthesis System*) тесно связана с исследованиями в области искусственного интеллекта, лингвистики, когнитивной психологии, педагогики, программирования, баз знаний. Для автоматизации процесса генерации изображений по тексту необходимо решить следующие задачи:

1. Распознавание текста на естественном языке. Текст должен быть представлен в определенном структурированном, формализованном виде для его интерпретации и последующей машинной обработки.

2. Сопоставление шаблона изображения и формализованного текста.

Большинство существующих ТТР-систем – зарубежные разработки. G. Adorni, M. Di Manzo, F. Giunchiglia из университета Генуи одни

из первых начали работу по воссозданию статических 2D-сцен по простым предложениям на итальянском языке. Их проект носит название NALIG [1]. Для корректной работы системы предложения должны быть составлены по определенному шаблону: < субъект > < предлог > < объект > [< характеристика >]. Позднее В. Соупе и R. Sproat (США) разработали систему WordsEye, позволяющую воссоздавать динамические 3D-сцены по кратким описаниям [2]. База данных WordsEye содержит около 12 тыс. 3D-объектов, которые могут быть анимированы. Интерпретация текста в данной системе основана на семантических фреймах. CogViSys является примером системы, разработка которой началась с идеи генерации текстов по последовательности видеоизображений.

Изначально планировалась разработка виртуального комментатора, который бы смог переводить визуальную информацию в текстовое описание. Однако разработчиков заинтересовал тот факт, что может быть полезен и обратный процесс – создание видео по текстовому описанию. Таким образом, появилась система CogViSys, предназначенная для визуализации описания простых маневров автомобиля на перекрестках [3]. ТТР-система CarSim также позволяет анализировать текстовые описания дорожно-транспортных происшествий и синтезировать 3D-сцены по ним [4]. Изначально первая версия системы CarSim работала с текстами только на французском языке. Позже были созданы языковые модули и интерфейсы для английского языка. Текстовый процессор SymWriter позволяет представлять запись в виде последовательности картинок [5]. С помощью таблиц подстановки каждое слово в предложении заменяется графическим изображением. SymWriter является разработкой компании Widgit Software (Великобритания), пионера в области разработки программного обеспечения и обучающих материалов и для людей с ограниченными возможностями.

Среди российских разработок следует отметить ТТР-систему Utkus. Ее разработка ведется в Уральском федеральном университете. На сегодняшний день система позволяет визуализировать простые тексты, состоящие из одного предложения [6].

Таким образом, можно выделить следующие предметные области, где главную роль играет наглядность представления текстовой информации и в которых ТТР-системы могут найти применение:

- организация процесса обучения (например, при изучении иностранных языков);
- обучение и реабилитация людей с задержками развития, с дефектами речи;
- реклама;

- визуализация новостных заголовков;
- реконструкция схем ДТП и т.д.

Недостатками разработанных ТТР-систем является то, что большинство из них требуют либо представления исходного текста по определенному шаблону, либо наличия ограниченного числа разработанных 3D-моделей, либо применимы в слишком узкоспециализированных областях. Далее будут подробно изложены основные достоинства и недостатки существующих систем генерации изображений по тексту, а также предложено решение, позволяющее разработать ТТР-систему, которая носит универсальный характер и может быть использована в различных сферах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adorni G., Manzo M. D., Giunchiglia F. Natural language driven image generation // Proceedings of COLING 84. Stanford, California, 1984. P. 495–500.
2. Coyne B., Sproat R. Wordseye: An automatic text-to-scene conversion system // Proceedings of the Siggraph Conference. Los Angeles, 2001.
3. Arens M., Ottlik A., Nagel H.H. Natural language texts for a cognitive vision system. In van Harmelen F., ed. // ECAI2002. Proceedings of the 15th European Conference on Artificial Intelligence. Lyon, 2002.
4. Akerberg O., Svensson H., Schulz B., Nugues P. CarSim an automatic 3D text-to-scene conversion system applied to road accident reports // Proceedings of The 10th Conference on European Chapter of the Association for Computational Linguistics. 2003. Vol. 2. P. 191–194.
5. Widgeit Software. SymWriter, 2007. <http://www.widgeit.com/products/sym-writer/index.htm>
6. Ustalov D.A. Text-to-Picture System for Russian Language // Proceedings of the Sixth Russian Young Scientists Conference in Information Retrieval (RuS-SIR 2012). P. 35–44.

ОБОБЩЕННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГРАММ

О.С. Затиц, Е.В. Истигечева, А.И. Корнюшина

г. Томск, ТУСУР

Природоохранное мероприятие (ПОМ) [1, 2] называется вид хозяйственной деятельности предприятия, направленный на снижение и ликвидацию неблагоприятного воздействия нефтегазодобывающего производства на объекты окружающей среды, а также на сохранение, улучшение, восстановление и рациональное использование природно-ресурсного потенциала региона добычи нефти и газа. В современных условиях рыночной экономики любое предприятие стремится к со-

кращению издержек производства. Особенностью предприятий нефтегазовой промышленности являются высокие техногенные воздействия на объекты природной среды (ОПС). В связи с необходимостью поддержания их фонового состояния возникает необходимость в формировании *экономически оптимальных экологических программ* (ЭП), направленных на минимизацию риска возникновения и ликвидацию загрязнений ОПС.

Для целей автоматизации формирования и оптимизации ЭП в данной работе предлагается использовать компьютерную модель эколого-экономической системы (ЭЭС) региона, образованной функционирующим предприятием и окружающими его ОПС.

По каждому ПОМ формируемой ЭП на этапе ее планирования, выполняемого с помощью предлагаемой обобщенной модели ЭЭС, должны определяться следующие показатели:

1) параметры и темпы расхода каждого ресурса, измеряемые в единицах этого ресурса в единицу времени (ед. ресурса/ч);

2) затраты на выполнение ПОМ, включающие стоимость используемых веществ и материалов, плату за амортизацию и аренду (в случае ее наличия) оборудования, заработную плату задействованного персонала, выражающиеся в денежных единицах страны (для России в рублях);

3) эффективность мероприятия, выражающая количество единиц природной среды, экологическое состояние которых было улучшено в результате выполнения ПОМ;

4) предотвращенный экологический ущерб, представляющий собой выраженную в денежных единицах страны (для России в рублях) оценку возможных отрицательных последствий от неблагоприятного воздействия ТП нефтегазодобычи на объекты окружающей среды;

5) время выполнения ПОМ, выражающее промежуток времени от начала работ до полной ликвидации последствий загрязнений, вызванных ТП.

В применяемой для оптимизации параметров ПОМ компьютерной модели ЭЭС должны быть реализованы:

– K_1 – компоненты-объекты природной среды, отражающие в модели изменение состояния Земли, атмосферного воздуха и водных ресурсов вследствие техногенных воздействий S_1 со стороны технологического оборудования и компенсирующих воздействий S_2 со стороны средств выполнения ПОМ;

– K_2 – источники техногенных воздействий S_1 , оказываемых со стороны функционирующего предприятия нефтегазовой промышленности на ОПС;

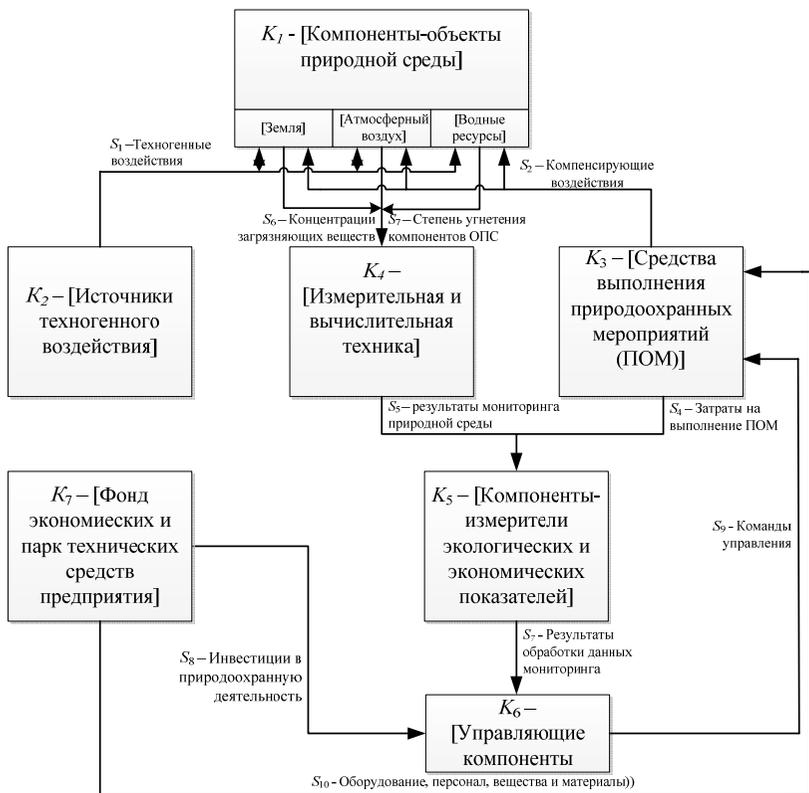


Рис. 1. Обобщенная схема компьютерной модели эколого-экономической системы

– K_3 – средства выполнения ПОМ, являющихся источниками компенсирующих воздействий на ОПС S_2 . Они позволяют рассчитывать затраты на выполнение ПОМ S_4 , значения которых передаются компонентам-измерителям экологической и экономической информации;

– K_4 – измерительная и вычислительная техника, задействованная в мониторинге состояния ОПС, результаты которого S_5 в виде набора концентраций загрязняющих веществ S_6 и степени угнетения компонентов ОПС S_7 передаются компонентам-измерителям экологических и экономических показателей;

K_5 – компоненты-измерители экологических и экономических показателей осуществляют математическую обработку измеренных значений S_6 , на основе результатов которой S_7 вырабатываются управляющие воздействия;

K_6 – управляющие компоненты, которые на основе результатов обработки данных мониторинга S_7 и инвестиций предприятия в природоохранную деятельность S_8 осуществляют выработку команд управления средствами выполнения ПОМ S_9 ;

K_7 – фонд экономических и парк технических средств предприятия, представляющий собой набор информационных ресурсов о доступных экономических средствах предприятия для их инвестирования в природоохранную деятельность S_8 , а также о предназначенных или выведенных из производственного процесса единиц оборудования, персонала предприятия, средствах и материалах S_{10} .

Представленная обобщенная модель эколого-экономической системы в зависимости от конкретной реализации моделей компонентов множеств K_1 – K_7 может применяться для компьютерного моделирования и исследования различных природоохранных мероприятий, воздействующих на различные объекты природной среды. Результатом анализа и параметрического синтеза такой модели является определенное ПОМ, соответствующее предъявляемым к нему экологическим и экономическим требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Золотогор В.Г. Энциклопедический словарь по экономике. Минск, 1997.
2. Дмитриев В.М. Компьютерная модель эколого-экономической системы нефтегазодобывающего региона для формирования экологических программ / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, О.С. Затик // Информатика и системы управления. 2011. № 4 (30). С. 27–39.

МОДЕЛЬ ОБУЧАЕМОГО КАК ОСНОВА В РАЗРАБОТКЕ АДАПТИВНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА

Т.А. Лигай, магистрант, И.А. Кречетов, аспирант

Научный руководитель В.В. Кручинин, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. ПрЭ, tim.ligay@gmail.com, kia@2i.tusur.ru

В [1] была предложена технология разработки образовательного контента (ОК), в основе которой лежит инструмент (online-сервис), общая схема работы которого представлена на рис. 1.

Данный инструмент предоставляет авторам (преподавателям) следующие возможности:

- поддержка и обновление базы знаний (БЗ);
- управление ОК;
- генерирования ОК на основе модели обучаемого (МО) в зависимости от его индивидуальных характеристик.

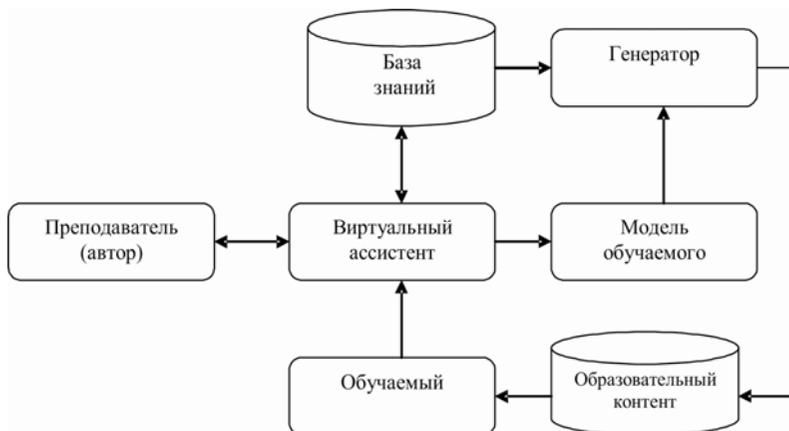


Рис. 1. Общая схема работы online-сервиса создания ОК

БЗ в таком сервисе может быть представлена в виде семантической сети и создана с использованием технологии ТРЕК [2]. ОК, создаваемый на основе МО, является адаптивным образовательным контентом [3]. В работе [3] предложен только один из способов создания ОК, адаптируемого под нужный конкретному обучаемому уровень сложности, стиль изложения и объем излагаемого в ОК учебного материала. И до сих пор остается открытым вопрос, какие именно индивидуальные характеристики (ИХ) обучаемого должны быть охвачены МО?

МО – это знания преподавателя (обучающей системы) об обучаемом, используемые для организации процесса учения [4]. По мнению В.А. Петрушина, это определение допускает две интерпретации:

- 1) МО является моделью текущего состояния знаний и умений индивидуального обучаемого;
- 2) она представляет собой «идеальную» модель знаний об обучаемом, включающую знания о предметной области, типичных ошибках и когнитивных механизмах.

На сегодняшний день существует огромное количество подходов к классификации МО, подробный обзор которых проведен в работах [4, 5]. Следует более подробно рассмотреть т.н. оверлейную МО. Данная модель входит в классификацию МО по В.А. Петрушину (рис. 2), краткий обзор которой проведен в работе [6].

Оверлейная модель позволяет отразить, что именно знает и чего не знает обучаемый. Существует две разновидности оверлейной МО: векторная и сетевая. Векторная оверлейная модель каждому изучаемому понятию и/или умению ставит в соответствие элемент, принимающий значения «знает/не знает», поэтому состояние знаний обу-

чаемого определяется набором значений элементов вектора. Преимуществом векторной модели является ее простота, а недостатком – то, что она не только не отражает когнитивные процессы и методы решения задач обучаемого, но и игнорирует связи между понятиями [6].

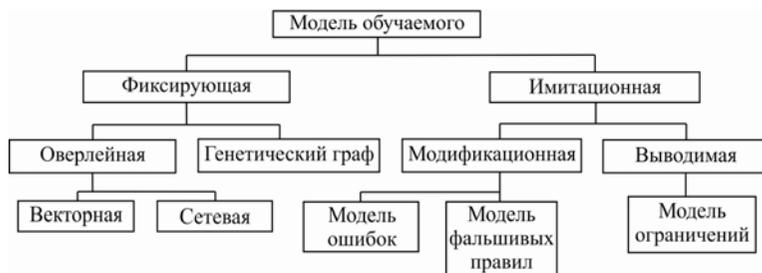


Рис. 2. Классификация видов МО по В.А. Петрушину [4]

Более гибкой формой МО является сетевая оверлейная модель, представляющая собой граф, узлы которого соответствуют понятиям и/или умениям, а дуги – отношениям между ними. Каждому узлу и дуге сопоставляется некоторая величина или набор величин, характеризующих степень владения обучаемым данным понятием или умением, причем допускается наследование величин [6]. Такая МО включает в себя следующие компоненты: психологический портрет личности обучаемого, начальный уровень знаний и умений обучаемого, заключительный уровень знаний и умений обучаемого, алгоритмы (набор процедур тестирования) выявления уровня знаний и умений обучаемого, алгоритмы психологического тестирования [6].

Таким образом, выбрав в качестве МО сетевую оверлейную модель и используя технологию, предложенную в работе [3], появляется возможность генерировать ОК, наиболее адаптивный к ИХ обучаемого.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование и технология онтологического подхода при разработке образовательного контента [Электронный ресурс] // Доклады ТУСУРа. 2011. №2. Режим доступа: <http://www.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2011-24-2/322.pdf>, свободный (дата обращения: 09.03.2013).
2. Уваров М.Ю., Соколов Н.К., Норенков И.П. Адаптивные среды создания образовательных ресурсов // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/115688.html>, свободный (дата обращения: 09.03.2013).
3. Лигаит Т.А., Кречетов И.А. Технология получения адаптивного образовательного контента в системе Semantic MediaWiki // Матер. междунар. науч.-метод. конф. «Современное образование: новые методы и технологии в организации образовательного процесса». Томск, 2013. С. 98–100.

4. Коляда М.Г. Виды моделей обучаемых в автоматизированных обучающих системах // Искусственный интеллект. 2008. № 3. С. 142–147.

5. Коляда М.Г. Дидактическая составляющая моделей обучаемых в автоматизированных обучающих системах // Искусственный интеллект. 2008. № 4. С. 267–274.

6. Рыбина Г.В. Обучающие интегрированные экспертные системы: некоторые итоги и перспективы // Искусственный интеллект и принятие решений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.webmail.raai.org/library/aidt/aidt2008-1/aidt2008-1.files/2008-1-22-46.pdf>, свободный (дата обращения: 09.03.2013).

МЕТОДИКА И МОДЕЛИ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ РАБОТЫ С БАЗАМИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ SCADA-СИСТЕМ

С.А. Панов, ассистент

Научный руководитель Т.В. Ганджа, доцент, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. СА, ps@tusur.ru

В связи с накладываемыми требованиями экономической эффективности и экологической безопасности к технологическим процессам в различных отраслях производства для интеллектуализации процесса управления разрабатываются и используются SCADA-системы с включенными в них средствами автоматизации принятия управленческих решений.

Научным коллективом под руководством профессора ТУСУРа В.М. Дмитриева, разрабатывается система компьютерного моделирования (СКМ) SCADA-систем. Она служит для построения и анализа компьютерных моделей SCADA-систем, используемых в нефтегазовом производстве, которое является сложным ввиду взаимодействия с окружающей средой.

Зачастую при автоматизированном определении соответствующих управленческих решений и формировании различных технических документов необходимо получать информацию из баз данных (БД) предприятия. Именно поэтому в составе СКМ должен присутствовать компонент для работы с БД. Его разработка позволит существенно сократить затраты времени на поиск информации для целей ее использования в процессе компьютерного моделирования и вставки ее в документ, что является актуальной задачей в сфере автоматизации документирования.

Структура системы компьютерного моделирования. Разрабатываемая СКМ содержит три уровня представления исследуемой мо-

дели: объектный, логический и визуальный. На объектном уровне формируется схема объекта управления, а на логическом – алгоритмы управления. Визуальный слой применяется для отображения результатов моделирования в виде значений, графиков, диаграмм. На нем также располагаются органы интерактивного управления, с помощью которых пользователь может изменять значения варьируемых параметров объекта управления и его модели.

В СКМ модель объекта управления представляется в форме компонентной цепи [1], которая формируется на объектном слое. Все компоненты, являясь моделями элементов объекта управления, располагаются в специальной библиотеке моделей компонентов (БМК). БМК содержит компоненты для моделирования систем различной физической природы (электрические, механические, физико-химические системы). Для целей их параметризации актуальными данными из различных информационных источников разработан набор специальных компонентов.

Описание компонентов для работы с информационными источниками. Для подключения к базам данных, представленных в виде файлов на компьютере или удаленных серверах, применяется компонент «База данных» (рис. 1).



Рис. 1. Компонент «База данных»

В нем реализуются методы и алгоритмы доступа к физической базе данных, представленной в виде файла, реализованного средствами различных СУБД (Access, Oracle, MySQL, MSSQL и др.). В качестве параметра данного компонента указывается полный путь к соответствующему файлу базы данных.

Основным назначением данного компонента является отработка запроса к базе данных, который приходит в данный компонент на входной узел n_1 , получение результата из базы данных, его обработка и передача с помощью узла n_2 .

Компонент «База данных» может осуществлять соединение с БД, в которых хранится информация. В БД нефтегазового предприятия может храниться информация о параметрах химических аппаратов, характеристиках различных веществ, текущей температуре воздуха, экологические характеристики от ГИС-систем. Кроме того, в БД поступает информация от датчиков технологических параметров.

Для формирования SQL-запросов к базе данных, которые представляют собой строку определенного формата, используется компонент «Запрос». Обобщенный компонент «Запрос» (рис. 2) имеет следующие узлы для связи с другими компонентами:

- n_1 – для передачи сформированного запроса в компонент «База данных»;
- n_2 – для получения результата запроса;
- n_3 – для передачи результата запроса компоненту-атрибуту, соответствующему параметру компонента компьютерной модели объекта управления.

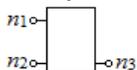


Рис. 2. Компонент «Запрос»

Для получения данных из БД, необходимо соединить компоненты «База данных», «Запрос» и создать связь с выбранным параметром (рис. 3).

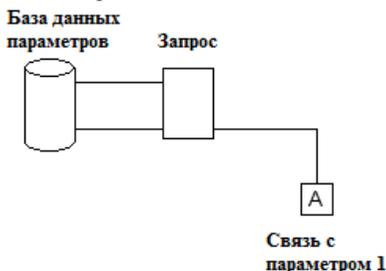


Рис. 3. Пример соединения компонентов

С помощью компонентов «База данных» и «Запрос» реализована возможность параметризации компонентов математической модели объекта управления, расположенной на объектном уровне многоуровневой компьютерной модели SCADA-системы.

Заключение. В связи с тем, что важнейшая информация предприятия зачастую хранится в БД,

необходимо предусмотреть возможности соединения и извлечения из нее нужных данных для последующего использования в процессе моделирования, автоматизированного решения задач управления и вставки в определенные места документов, формируемых в процессе управления технологическими процессами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев В.М. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.

ОБЗОР СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ РАБОТЫ С ПРОИЗВОДЯЩИМИ ФУНКЦИЯМИ

М.Ю. Перминова, студентка каф. АОИ

Научный руководитель В.В. Кручинин, зав. ЛИСМО ИИ,

зав. каф. математики, проф. каф. ПЭ, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, mary42rus@gmail.com

Система компьютерной алгебры (СКА, англ. computer algebra system, CAS) является одним из видов программных пакетов, который используется для работы с математическими формулами. Принципиальное отличие системы компьютерной алгебры и традиционного

калькулятора в способности работать с уравнениями в символьной (аналитической), а не численной форме [1].

Современные системы компьютерной алгебры являются эффективным инструментом для решения многих математических задач, в том числе и выполнения операций над производящими функциями. Целью данного доклада является обзор инструментов систем компьютерной алгебры для работы с производящими функциями. Перечислим следующие основные задачи:

Задача 1. По формуле производящей функции $F(x)$ найти ее коэффициенты $f_0, f_1, f_2, \dots, f_n, \dots$. Например

$$F(x) = \exp(x + x^2);$$

$$f(n) = 1, 1, \frac{3}{2}, \frac{7}{6}, \frac{25}{24}, \frac{27}{40}, \frac{331}{720}, \frac{1303}{5040}, \frac{1979}{13440}, \frac{5357}{72576}, \frac{19093}{518400}, \dots$$

Задача 2. По списку коэффициентов $f_0, f_1, f_2, \dots, f_n, \dots$ найти формулу производящей функции $F(x)$. Например,

$$f(n) = 1, 1, \frac{3}{2}, \frac{7}{6}, \frac{25}{24}, \frac{27}{40}, \frac{331}{720}, \frac{1303}{5040}, \frac{1979}{13440}, \frac{5357}{72576}, \frac{19093}{518400}, \dots;$$

$$F(x) = \exp(x + x^2).$$

Задача 3. По формуле производящей функции $F(x)$ найти закрытый вид выражения коэффициентов $f_n = \text{Solve}(F(x), x, n)$. Например:

$$F(x) = \exp(x + x^2);$$

$$f(n) = \text{sum}(\text{binomial}(k, n - k) / k!, k, 1, n).$$

Задача 4. По закрытому виду выражения коэффициентов $F(x) = \text{Solve}(f_n, n, n)$ найти формулу производящей функции $F(x)$. Например:

$$f(n) = \text{sum}(\text{binomial}(k, n - k) / k!, k, 1, n);$$

$$F(x) = \exp(x + x^2).$$

На основе анализа энциклопедии целых последовательностей [2] был получен список основных систем компьютерной алгебры, применяемых для работы с производящими функциями (таблица).

Кроме того, с помощью её базы частично решается задача 2, при этом вводимые коэффициенты в последовательности должны быть целыми.

В таблице приведен анализ систем компьютерной алгебры для работы с производящими функциями. В каждом столбце, соответствующем задаче N , показаны основные операторы системы, предназначенные для ее решения. Прочерк означает отсутствие данного оператора.

Обзор возможностей систем компьютерной алгебры

CAS	Задача 1	Задача 2	Задача 3	Задача 4
Mathematica	series	–	SeriesCoefficient, для простых случаев	–
Maple	series	–	–	–
Maxima	taylor	ggf , произ- водящая функ- ция задана в виде двух полиномов	powerseries, для простых случаев	–
Sage	taylor	–	–	–
Magma	Coefficient	–	–	–
PARI/GP	polcoeff	–	–	–

Анализ приведенных систем компьютерной алгебры показал существование в них инструментов для работы с производящими функциями и выявил множество нерешённых задач в каждой из рассмотренных систем. Отсюда можно сделать вывод о необходимости реализации задач 3 и 4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kajler N., Soiffer N. A Survey of User Interfaces for Computer Algebra Systems // Symbolic Computation. 1998. № 25. С. 127–159.
2. Энциклопедия целочисленных последовательностей OEIS [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://oeis.org>

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

*С.Н. Валитов, студент каф. ЭМИС
г. Томск, ТУСУР, ЭФ, statys@sibmail.com*

Основная цель многих учебных заведений – выпуск квалифицированных специалистов, способных к самообучению и применению теоретических знаний на практике. Чтобы удостовериться, что данная функция выполняется, следует проводить оценку знаний. Но сразу встает ряд вопросов, каким образом проводить оценивание: письменный экзамен, устный, тестирование, а также по каким параметрам оценивать полученный результат.

Целью данной работы является создание модели оценки знаний с разными параметрами, регулирующимися при помощи весовых коэффициентов. По сути модель имеет стандартную формулу $G_i(x) = \sum G_i k_{ij}(x)$, где G – параметр оценивания (правильность ответа,

количество ответов в каждой секции/разделе/теме, сложность вопроса), а k – коэффициент весомости.

Первый критерий рассчитывается по формуле

$$G_1 = Q_{\text{ответы}} / Q_{\text{все вопросы}}$$

при полученном результате: «5» – 90% от максимального значения; «4» – 75%; «3» – 50%; «2» – 20%.

Второй критерий G_2 представляет собой массив из секций, количество вопросов в секции рассчитывается отношением общего количества вопросов к количеству разделов: $P_i = \sum \text{количество вопросов}_i \times A$, где A принимает значение 0 или 1.

Третий критерий $G_3 = Q \times \text{hard}$, где Q – количество вопросов, hard – коэффициент сложности задания, причем для первой итерации для всех вопросов он равен 1. В дальнейшем коэффициент сложности будет динамически изменяться, при неоднократном затруднении с ответом на вопрос hard будет увеличиваться на 5%, тем самым повышая уровень сложности вопроса, и наоборот, если на задание всегда отвечают правильно, его уровень сложности будет также понижаться на 5%.

Благодаря тому, что результаты ведутся и сохраняются для каждого пользователя в отдельности, можно проследить историю тестирования и динамически менять объем весовых коэффициентов, а оценки, полученные за тест, принять экспертным мнением. Таким образом, для первой итерации $k_1 = k_2 = k_3$, а далее $k_i = (\sum a_i) / (\sum (a_i + b_i + c_i))$.

После ряда тестирований, было обнаружено, что при неоднократном получении неудовлетворительного результата, а потом при однократной сдаче теста на «хорошо» и «отлично», оценка не зависит от предыдущего опыта, как показано в табл. 1. После чего было принято ввести дополнительную характеристику, которая будет объективно оценивать результат, учитывая и прошлые оценки. Идея заключается в том, что итоговый результат будет высчитываться из 30% от общего числа тестирований, средним результатом от максимальных значений, что покажет более адекватный уровень студента по предмету (табл. 2).

В связи с тем, что модель оценки использована в системе тестирования остаточных знаний и анализа результатов, реализована она была на языке программирования PHP.

Таблица 1

Сенсовые результаты

G_1	G_2	G_3	K_1	K_2	K_3	Итог
4	3	2	0,444	0,333	0,222	3,22
2	2	3	0,375	0,312	0,312	2,31
2	4	3	0,320	0,360	0,320	3,04
2	2	3	0,312	0,333	0,354	2,35
5	4	5	0,337	0,314	0,348	4,69

Таблица 2

Результуирующая оценка

Итог (сеансовая оценка)	Результуирующая оценка
3,22	$(4,69+3,22)/2 = 3,95$
2,31	
3,04	
2,35	
4,69	

На данный момент ведется тестирование адекватности весовых критериев, а также самих оценочных значений путем тестирования групп студентов.

СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ ГЕНЕРАТОРОВ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

*Ю.А. Зорин, аспирант каф. ПрЭ
г. Томск, ТУСУР, zua@2i.tusur.ru*

Генератор тестовых заданий – это программа, результатом выполнения которой является информационный объект, содержащий один или несколько тестовых вопросов в определенном формате представления. Генераторы тестовых заданий являются важным инструментом контроля знаний и используются в педагогической практике учителями образовательных учреждений, преподавателями высшего и среднего образования, которым приходится работать над формированием многовариантных заданий, предназначенных для определения уровня знаний обучающихся [1].

Применение алгоритмов генерации при разработке многовариантных тестовых заданий (таблица) позволяет не только решать проблему индивидуализации заданий, но и повышает достоверность результата оценки знаний за счет решения большого количества заданий.

Зачастую разработчики тестовых заданий для вариаций вопросов применяют инструментальные средства, применяющие алгоритмы генерации для получения различных вариантов представления тестового задания за счет изменения числовых параметров в тексте вопроса, и, как следствие, генерацию ответа в виде формулы, в зависимости от выбранных параметров. Более распространен способ разработки алгоритма генерации того или иного задания на известных языках программирования (C, C++, Pascal, PHP и т.д.), что решает проблему генерации, однако данный способ не подходит для большинства преподавателей (в основном гуманитарных специальностей), не знакомых ни с одним языком программирования.

Пример многовариантной контрольной работы

Вариант 1	Вариант 2
<p>Аня купила проездной билет на месяц и сделала за месяц только 29 поездок. Сколько рублей она переплатила, если проездной билет на месяц стоит 650 руб., а разовая поездка – 20 руб.?</p> <p>Найдите корень уравнения $-14x - 5 = 42 - 6x$.</p> <p>Из 870 деталей на складе 52 оказались бракованными. Какова вероятность взять бракованную деталь? Ответ указать с точностью 0,01</p>	<p>Света приобрела проездной билет на год и сделала в течение 30 недель только 50 поездок. Сколько рублей она переплатила, если проездной билет на год стоит 6650 руб., а разовая поездка – 20 руб.?</p> <p>Найдите корень уравнения $4x + 10 = 58 + 9x$.</p> <p>Из 400 деталей на складе 12 оказались бракованными. Какова вероятность взять исправную деталь? Ответ указать с точностью 0,1</p>

Одним из возможных решений задачи сокращения времени на разработку тестовых вопросов является создание облачного инструментального средства, реализующего метод построения генерации тестовых заданий на основе деревьев И/ИЛИ, что в конечном итоге позволит решить спектр задач по написанию, хранению, генерации и формированию банка тестовых заданий для различных систем тестирования.

Для записи заданий в виде деревьев И/ИЛИ предлагается использовать скобочную нотацию: круглыми скобками обозначаются И-узлы, фигурными – ИЛИ-узлы, узлы без скобок являются листьями. Узлы дерева могут быть именованными и неименованными. Именованные – это те узлы, у которых есть идентификатор, неименованные – те, у которых идентификатора нет. Идентификатор узла является атомом и может быть представлен двумя типами: строкой или числом. Идентификатор может состоять из любого набора символов, исключая зарезервированные символы и знак пробела [2].

Задание, представленное на рис. 1 в виде дерева И/ИЛИ на языке GPL, выглядит следующим образом:

```
Main(A{"Аня", "Света", "Марина"}, B{"купила", "приобрела"}, "проездной билет", C{"на год", "на полгода", "на месяц"}, D{"и сделала в течение",[1...28], "дней"}, "и сделал в течение месяца", "в течение недели"}, E{([15...20], "поездок")}, F{"сколько рублей она переплатила, если проездной билет стоит", [100,100...7000], "рублей, а разовая поездка",[15...20], "рублей?"}))
```

Основные функциональные возможности инструментального средства:

- веб-интерфейс, разграниченный доступ, работа в «личном кабинете»;

- разработка и проверка валидности вопроса (онлайн-интерпретатор);
- инструменты для создания тестовых заданий из созданных вопросов;
- генерация различных вариантов представления тестовых заданий;
- экспорт в различных форматах.

На рис. 1 изображен пример полученной многовариантной контрольной работы по высшей математике в формате PDF.

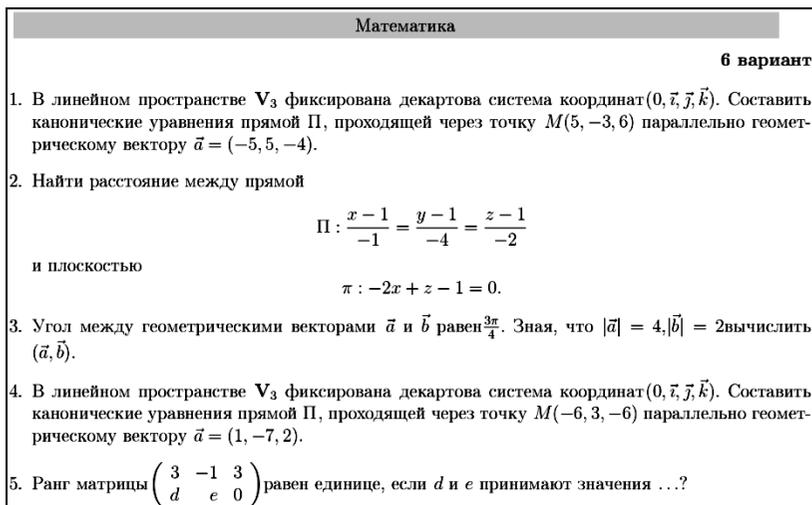


Рис. 1. Пример сгенерированной контрольной работы в формате PDF

Применение деревьев И/ИЛИ для представления тестовых заданий определенной предметной области позволяет формировать различные алгоритмы генерации вопросов. Предложенная система генерации тестовых заданий проходит апробацию в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники, в качестве инструмента для создания контрольных и экзаменационных работ для студентов дистанционной формы обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Титков А.В. Система построения генераторов комбинаторных множеств на основе деревьев И/ИЛИ: дис. ... к.т.н. Томск, 2010. С. 10–18.
2. Кручинин В.В. Методы построения алгоритмов генерации и нумерации комбинаторных объектов на основе деревьев И/ИЛИ. Томск: В-Спектр, 2007. 200 с.

СЕКЦИЯ 26

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ОТКРЫТИЯ. ТВОРЧЕСТВО. ПРОЕКТЫ

*Председатель секции – Федорова Н.А., нач. учеб.-метод.
управления НОУ «Открытый молодежный университет»,
зам. председателя – Смолонская М.А., зам. нач. учеб.-метод.
управления НОУ «Открытый молодежный университет»*

ПРИМЕНЕНИЕ АНДРОИДНОГО РОБОТА NAO. СЦЕНАРИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

М.К. Михайлович, П.С Ермакова, студентки

*Научный руководитель Е.С. Шандаров, зав. лаб. робототехники
и искусственного интеллекта Института инноватики
г. Томск, ТУСУР, polina.potkom@gmail.com, mariayelena@mail.ru
Проект ГПОУИ ИИ-1203 – «Разработка мобильных приложений
для роботов LegoMindstorms»*

История появления первых роботов начинается в далеком прошлом. В I в н. э. Герон Александрийский придумал устройство, автоматически поворачивавшее сцены храма. В XV в. Леонардо да Винчи стал изобретателем первого манипулятора, когда разработал схему машущего крыла. До наших дней сохранилось большое количество образцов механических человекоподобных машин, предназначенных для увеселения светской публики XVII–XVIII вв. Основным применением этих машин было развлечение. Они пели, танцевали, издавали какие-либо звуки или причудливым образом двигались.

Однако уже в XX в. наступила эра механических помощников человека. Появление новых механизмов состоялось в фантастической литературе. Понятие «робот» вошло в широкое пользование после выхода в свет произведения чешского писателя-фантаста Карла Чапека – «Россумские универсальные роботы» (1920). Согласно общепринятому определению, робот (чеш. robot, от robota – подневольный труд, rob – раб) – машина с человекоподобным поведением, которая частично или полностью выполняет функции человека или животного при взаимодействии с окружающим миром.

В настоящее время области применения роботов расширяются с каждым днем. Роботы-няни, роботы-манипуляторы, роботы-симулято-

ры – роботы практически нас окружают. Взаимодействуя с человеком, они становятся частью нашей жизни, нашего социума. Вопросами взаимодействия человека и робота занимается социальная робототехника. Социальная робототехника (Social Robotics) – это принципиально новый исследовательский инструмент, который позволяет экспериментально проверять социологические теории, разрабатывать новые плодотворные теории, ставить перспективные экспериментальные исследовательские задачи в области понимания социального, создавать новую социальную реальность. Теоретические и эмпирические результаты, полученные в системной социологии, могут быть с успехом использованы в Social Robotics [1].

Разработка социальных роботов, имитирующих социальные свойства и отношения человека, – одно из самых современных направлений развития науки и техники, которое стремительно развивается и включает в себя исследования искусственного интеллекта исследований, неврологии, психологию и т.д. Разработка социальных роботов за рубежом, прежде всего в Японии и Южной Корее, развивается быстрыми темпами. Для России это достаточно новое направление.

Для эффективного внедрения человекоподобных роботов в жизнь человека необходимо провести ряд исследований.

В социальной робототехнике выделяют следующие аспекты. Исследование в сфере интеллектуального управления и искусственного интеллекта получения информации и принятия решений, обучения, адаптации и эволюции интеллекта. Изучение взаимодействия и сотрудничества между роботами и людьми, создание этики для роботов в человеческом обществе. Возникновение социального признания и влияния роботов на общество. Соответствие, безопасность и совместимость при разработке социальных роботов, «живущих» с людьми. Создание программного обеспечения и инструментов разработки для модели поведения: взаимодействие человек–робот и робот–робот. Использование модели социального поведения человек–животное применительно к роботам [2]. Создание разработок и приложений в области образования, развлечения, здравоохранения и так далее.

По результатам исследований для эффективного взаимодействия с человеком одним из главных факторов является внешний вид робота. Для быстрого и качественного контакта робот должен иметь человеческие черты внешности и поведения. Основной проблемой является передача и восприятие роботом человеческих эмоций. Над этой проблемой трудятся команды инженеров, программистов, психологов, лингвистов.

В настоящее время существует робот-андроид, способный распознавать и передавать человеческие эмоции (рис. 1). Робот NAO, соз-

данный компанией Aldebaran Robotics во Франции, управление которым осуществляется бортовым компьютером на базе процессоров 1,5 ГГц. За получение информации об окружающем мире, в том числе за распознавание лиц, отвечают две HD-камеры, встроенные в голову робота.

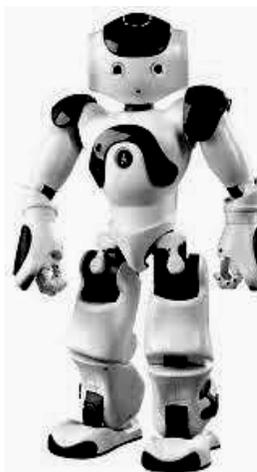


Рис. 1. Робот NAO

Команда разработчиков NAO ставила перед собой задачу создать робота, способного имитировать многие человечески эмоции, что отличает его от большого количества аналогов. На данный момент существует множество проектов, целью работы которых является развитие социальной направленности робототехники, применение робота NAO для решения следующих задач: помощь престарелым людям и людям с ограниченными возможностями; помощь детям, страдающим психическими расстройствами, такими как аутизм, и так далее.

Одним из применений является обучение и общение с детьми, которые находятся в зоне карантина, например в инфекционных больницах.

Еще одна проблема, которую можно решить с помощью NAO, – это реабилитация людей после хирургического вмешательства в нервную систему человека, после которого разрушаются нейронные сети, а также при частичной и полной потере памяти. В этом случае NAO может выступать в роли помощника-учителя.

Большой проблемой, как упоминалась выше, является реакция человека при взаимодействии с роботом. Для решения этой проблемы необходимо рассмотреть несколько моделей поведения человека, создать несколько сценариев.

Один из сценариев «Робот-аниматор». С помощью этого взаимодействия ребенок учится общению, снимаются психологические барьеры, и дети просто отдыхают. В рамках этого сценария дети вовлекаются в игру с роботом с помощью предметов, рисования, ответов на вопросы, проявляется воображение ребенка.

Второй сценарий «Nao-педагог». Задачи: попрактиковаться в письме и счете. Благодаря взаимодействию с роботом при помощи письма, счета кубиков обучаемый запоминает не только логику, но и образы.

В обоих сценариях важными аспектами являются восприятие и воспроизведение человеческих эмоций, корректное и аккуратное взаимодействие, учитывая взрослую или детскую аудиторию.

Таким образом, разработав сценарий взаимодействия, можно будет планировать результат взаимодействия робота и человека. Это делает общение робота и человека более простым и полезным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт Института социологии Российской академии наук [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.isras.ru/Davydov_Robotics.html (8.03.2013).
2. Официальный источник: International Journal of Social Robotics. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.springer.com/engineering/robotics/journal/12369> (8.03.2013).
3. Levy D. Love and Sex with Robots: The Evolution of Human-Robot Relationships. N.Y.: Harper Perennial, 2008.
4. Collins R. How Sociological Theory Can Contribute to Social Robotics// The annual meeting of the American Sociological Association, Atlanta, GA, August. 16, 2003 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.allacademic.com/meta/p106066_index.html (8.03.2013).
5. Давыдов А.А. Конкурентные преимущества системной социологии. (Электронное издание) М.: ИСАН, 2008 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.isras.ru/publ.html?id=855>; <http://www.ecsocman.edu.ru/db/msg/324618.html> (8.03.2013).

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Т.Т. Газизов, доцент каф. информатики,
Д.И. Афанасьев, А.С. Проценко, М.Ю. Ткачева, Н.В. Черепанова,
Ю.О. Корнеев, студенты каф. информатики*
Научный руководитель Т.Т. Газизов, доцент каф. информатики
г. Томск, ТГПУ, gtt@tspu.edu.ru

Сегодня использование новых подходов в технологиях и средствах обучения является важной частью образовательного процесса. Развитие дистанционной формы образования еще больше стимулирует этот процесс. В Томском государственном педагогическом университете (ТГПУ) реализуется проект по внедрению и эффективному использованию свободного программного обеспечения (СПО) в системе образования. Успешное использование СПО для организации дистанционного образования на примере подготовки школьников к сдаче ЕГЭ на базе Центра дополнительного физико-математического и естественнонаучного образования было показано в [1]. В данной работе показан рациональный подход по использованию СПО для организации дистанционного образования на базе одного сервера за счет использования виртуальных машин.

Цель работы – создание программно-аппаратного комплекса для организации учебно-методических мероприятий в дистанционной форме за счет использования СПО и технологий виртуализации.

Проведение любых мероприятий в дистанционной форме возможно при наличии соответствующего программного и аппаратного обеспечения. Сегодня существует большое количество различных готовых программно-аппаратных комплексов, позволяющих достичь эффекта присутствия для удаленных учащихся и создать условия, максимально приближающие дистанционное обучение к обычным занятиям в классе. Подробный обзор таких комплексов (платных и бесплатных) и их сравнение сделаны в [2], при этом большинство таких многофункциональных комплексов по своим функциям и параметрам схожи, а в минимальной комплектации чаще всего представляют собой средство отображения и озвучивания (интерактивная доска, компьютер + проектор); источник информации (компьютер преподавателя); устройство видеокодировки (видеокамера, гарнитура).

При этом в зависимости от роли участника мероприятия в дистанционной форме этот набор может быть самым минимальным (ноутбук – для обычного слушателя) или максимальным (интерактивная доска, персональный компьютер, гарнитура – для преподавателя). Особую роль в этой многофункциональной системе играет сервер видеовещания, к которому подключаются и клиенты, и лектор. Отметим, что если рассматривать задачу организации дистанционного образования в учебном заведении, то любой программно-аппаратный комплекс, который предлагают сегодня российские и зарубежные компании для организации дистанционного образования, будет состоять из целого набора комплектов оборудования, которые дублируют уже имеющиеся, и основная стоимость такого решения будет складываться из стоимости программного обеспечения. Логичным и рациональным является использование СПО для решения такой задачи. Из [2] сделан вывод, что одним из таких решений является программное обеспечение BigBlueButton. Данное СПО может решить задачу организации сервера видеовещания, а для решения задачи авторизации пользователей, записи пользователей на курс, предоставление статистики и доступа к видеозаписям проведенных лекций предлагается использовать общепризнанную систему управления курсами CMS Moodle. Общую схему работы программно-аппаратного комплекса для организации дистанционного образования можем представить на рис. 1.

Для организации дистанционного образования необходимо сконфигурировать и настроить два сервера: сервер видеовещания и сервер для авторизации пользователей. При этом сервер авторизации пользователей не является высоконагруженным, но должен быть доступен

круглосуточно, в то же время сервер видеовещания должен обрабатывать большой поток данных во время занятий, но все остальное время будет простаивать. Для оптимизации использования ресурсов предлагается использовать гипервизор VMware ESXi, который позволяет разделить физический компьютер на логические разделы, соответствующие виртуальным машинам, и включает в себя средства управления виртуальными ресурсами.

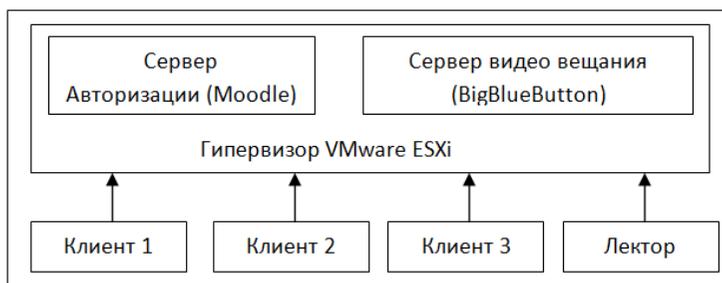


Рис. 1. Схема работы программно-аппаратного комплекса для организации дистанционного образования

Практическое использование созданного программно-аппаратного комплекса стало возможным в ходе организации мероприятия «Математическая карусель» в дистанционной форме для образовательных учреждений г. Томска и Томской области. Группой студентов физико-математического факультета ТГПУ были разработаны правила для участников и сформирована база вопросов. В итоге можем представить функциональную схему взаимодействия участников «Математической карусели» на рис. 2.

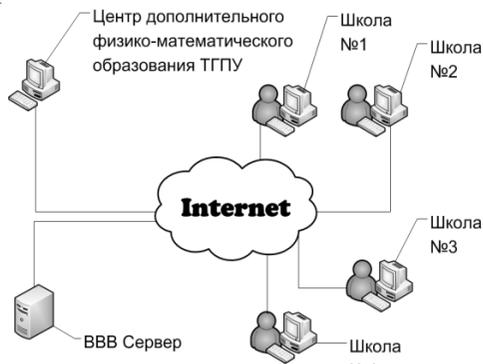


Рис. 2. Функциональная схема взаимодействия участников конкурса «Математическая карусель»

В данной работе продемонстрирована возможность организации дистанционного образования на базе СПО. Результатом работы является прототип технологической площадки для организации учебно-методических мероприятий в дистанционной форме, созданный студентами и сотрудниками Института прикладной информатики ТГПУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газизов Т.Т., Афанасьев Д.И., Корнеев Ю.О. Организация дистанционного образования на основе свободного программного обеспечения // Современное образование: новые методы и технологии в организации образовательного процесса: матер. междунар. науч.-метод. конф. 31 января – 1 февраля 2013 г. Томск, 2013. С. 71–72.

2. Газизов Т.Т., Корнеев Ю.О., Афанасьев Д.И. Технологическая площадка для организации учебно-методических мероприятий в режиме веб-конференции // Новые информационные технологии в образовании : матер. Всерос. заоч. электрон. науч.-практ. конф., 15–16 ноября 2012 г. Сев.-Вост. гос. ун-т, 2012. С. 12.

СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ И ГЕОСФЕРА

И.В. Котовенко, учащийся 10-го класса

Научные руководители: Н.В. Куренко, учитель информатики, высш.

кв. кат.. А.М. Шматкова, учитель химии, высш. кв. кат.

Кемеровская область, г. Мариинск, МАНОУ «Гимназия №2»

Проблема загрязнителей окружающей среды опасными нефтеотходами сейчас активно обсуждается в мировом экологическом сообществе. В первую очередь это касается утилизации отработанных смазочных материалов. Существуют серьезные законодательные акты, международные соглашения в области природопользования, охраны окружающей среды и экологической безопасности, а экологическая ситуация не улучшается или остается на том же уровне. Причина одна: нет ответственного отношения каждого из нас к проблемам окружающей среды. Человек не осознает опасности отдаленных экологических последствий, отсутствует экологическая грамотность населения. Все более актуально становится формирование экологического мышления и экологической культуры.

Исследования на конкретных объектах, расположенных близко к местам проживания простых граждан, доказали страшные последствия безграмотного использования отработанных нефтепродуктов (конкретно моторных масел).

Цели исследования

1) Определить показатели, доказывающие загрязнение окружающей среды отработанными нефтепродуктами.

2) Выявить основные источники загрязнений отработанными нефтепродуктами.

3) Установить причины возможностей попадания нефтепродуктов в окружающую среду.

Задачи исследования

1) Ознакомиться с накопленным теоретическим материалом по данной проблеме.

2) Составить карту города и определить места сбора отработанных моторных масел.

3) Определить физические и биологические показатели объектов доказывающие наличие загрязнений нефтепродуктами.

4) Провести исследования, доказывающие губительное воздействие на все живое отработанной нефтью.

Один из случаев заставил нас задуматься над существованием малоизученного фактора, способствующего серьезному загрязнению окружающей среды. Так уж случилось, случайно повредили шланг, по которому заливали смазочные масла, которые попали на овощную грядку, уже четыре года на этой грядке не прорастают овощные культуры, а если начинают расти, то быстро погибают. Не изменилась ситуация и тогда, когда мы сверху насыпали новый чистый грунт толщиной 10–15 см. Высаженные растения начинают расти, но со временем погибают. При вскапывании грядки в почве мы не обнаружили дождевых червей. Почему? Причина одна, остались следы посторонних веществ-нефтепродуктов, которые влияют на жизнеспособность живых организмов.

Из курса биологии мы знаем, что есть растения, которые очень быстро реагируют на присутствие реагентов. Это чечевица и белая герань. В два горшка мы посадили семена чечевицы. В одном горшке была земля с грядки, загрязнённая нефтепродуктами, в другом горшке – чистая земля. В первом горшке чечевица дала слабые ростки, росла медленно и «зачахла». В горшке с чистой землёй мы наблюдали бурное цветение, яркую зелень чечевицы. Ещё более выразительный результат мы получили в опыте с геранью белой. Абсолютно одинаковые ростки герани высадили в абсолютно одинаковые почвы, но в одном горшке был раньше растворитель, другой горшок был чистый. В первом горшке герань приживалась долго, размер листовой пластинки был маленький, листки были с желтизной, не доросла до цветения и погибла. Результат неоспоримый: нефтепродукты и отработанные масла хоть и не являются ядами, они являются веществами, которые приводят к нарушению воспроизводства животных и растений.

Многолетние наблюдения натуралистов-биологов и нефтяников отмечают: если в водоем попали отработанные нефтепродукты, то над

водой этих водоемов никогда не выются мошки. У нас в черте города есть автозаправочная станция на берегу ручья, впадающего в р. Кию. Над водоемом этого ручья никогда не выются стрекозы и мошки. Мы знаем, что нефтепродукты, которые использует автотранспорт, – не газы. Но тем не менее некоторые фракции легко испаряются, насыщая воздух посторонними углеводородными примесями, которые в свою очередь влияют на воду, почву и т.д. Мы пронаблюдали, что собой представляет роса на растениях луга рядом с автозаправочной станцией. Мы знаем, что в результате фазового перехода из парообразного состояния в жидкое образуется росса – это особого класса вода со своей уникальной внутренней структурой. Такая вода как бы рождается заново и потому является первородной. Следовательно, на момент своего рождения не несет с собой никакой информации, кроме той, которой дала ей природа. У нас в школе была проведена исследовательская работа по изучению свойств росы, была собрана роса в разных районах (тайга, горы, сельскохозяйственные поля и т.д.) и везде роса была одинаково прозрачная, чего не скажешь о росе, которую мы наблюдали в районе автозаправки, там роса была радужной.

Работая над темой, мы определили основные источники загрязнения геосферы нефтепродуктами:

1) Человеческое невежество, которое проявляется в безграмотности и несоблюдении основных правил утилизации и хранения отработанных масел.

2) Отсутствуют предприятия по утилизации отработанных автомобильных масел.

3) Утилизация через сжигание.

4) Отсутствие своевременного технического обслуживания автомобилей.

Результаты исследовательской работы

1. Разместили в районах АЗС информационные листы о правилах и местах утилизации, хранения отработанных нефтепродуктов как частным лицам, так автопредприятиям.

2. Результаты наших исследований были доведены до сведения жителям нашего города (через пресс-центр), что позволило жителям нашего города задуматься об экологической опасности нашего города и вызвало озабоченность к проблеме утилизации отработанных масел.

3. Сделали депутатский запрос в нашу мэрию о действиях по созданию организации, утилизирующей отработанные нефтепродукты.

4. Совместно с отделом Управления Роспотребнадзора по Кемеровской области в г. Мариинске, Мариинском и Чебулинском районах составили предписания предприятиям, нарушающим правила хранения и утилизации отработанных смазочных масел.

5. Создали сайт, на котором разместили результаты наших исследований. Актуальность нашего сайта состоит в том, что его можно использовать как дополнительный источник знаний о формировании экологической культуры.

Поместили свою работу на сайте Мариинской городской общественной организации «Истоки» www.istoki2006.muk.narod.ru и на собственном сайте.

В заключение хочется еще раз напомнить: человек не властвует над природой, а принадлежит ей, поскольку также находится внутри неё. Каждый автовладелец, каждое автопредприятие обязаны организовать сбор, хранение и утилизацию отработанных нефтепродуктов, контролировать использование нефтепродуктов, не допускать загрязнения ими почвы, воды, растительности, атмосферного воздуха. У нас в запасе нет других планет!

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьменко Н.М. Экология на уроках химии: учеб. пособие / Н.М. Кузьменко, Е.А. Стрельцов, А.И. Кумачёв. Красикопринт. 1996.
2. Ставацкий А.И., Никитин А.Н. На одном языке с природой: итоги деятельности секции «Ноосферные знания и технологии». СПб.: ИНТАН, 1997.
3. Новиков Л.В. Научные статьи раздела «Природопользование и экология» // Сборник «Итоги деятельности». РАЕН, 2005.
4. Лемей Г.Ю. Химия в центре наук: пособие для педагогов и студентов. М.: Мир, 1983.
5. Инструкция по эксплуатации очистных сооружений, нефтебаз, наливных пунктов, перекачивающих станций и АЗС. 01.12.2008 (кодексы и законы).
6. Распоряжение о внесении изменений коллегии администрации Кемеровской области от 31.08.2005 «О разработке нефтепродуктов на территории Кемеровской области». 8 февраля 2008 г. №121-р.

ЭЛЕКТРОННАЯ МИНИ-ЭНЦИКЛОПЕДИЯ «БИБЛИООБРАЗ МИХАИЛА ВАСИЛЬЕВИЧА ЛОМОНОСОВА – ВЕЛИКОГО УЧЕНОГО, ПОЭТА, ПРОСВЕТИТЕЛЯ»

А.В. Масальтин, обучающийся 6 класса

*Научные руководители: Н.В. Куренко, учитель информатики, высш. кв. кат., А.М. Шматкова, учитель химии, высш. кв. кат.
Кемеровская область, г. Мариинск, МАНОУ «Гимназия №2»*

Цель работы: популяризировать могучий, многогранный, самобытный талант Михаила Васильевича Ломоносова – великого ученого, поэта, просветителя.

Задача: Создать электронную мини-энциклопедию «Библиообраз Михаила Васильевича Ломоносова – великого ученого, поэта, просве-

тителя», позволяющую получить информацию о том или ином жизненном эпизоде Михаила Васильевича Ломоносова.

В работе я проанализировал имеющуюся в городской библиотеке им. В.А. Чивилихина научно-популярную литературу о Михаиле Васильевиче Ломоносове.

Пожалуй, нет более деликатного вопроса в биографии Ломоносова, чем его происхождение. Долгое время были споры о месте рождения Михайлы. Ни в одной церковно-приходской книге нет указаний на то, что родился такой мальчик у Василия Дорофеевича и Елены Ивановны Ломоносовых. Так появилась авантюрная версия о том, что отцом Ломоносова стал не кто иной, как Петр I.

С руководителем мы провели исследование среди обучающихся «Гимназии № 2», студентов Мариинского лесотехнического техникума, Мариинского педагогического колледжа, среди родителей и посетителей городской библиотеки.

Был задан один вопрос. Что ты знаешь о Михаиле Васильевиче Ломоносове как о человеке. Получили следующие результаты: среди учащихся гимназии до 60% ответили, что М.В. Ломоносов – это химик. Студенты техникума и колледжа, родители о личной жизни Ломоносова ничего не знают.

Обращались в библиотеку, чтобы выяснить, пользуется ли спросом литература под рубрикой «Жизнь замечательных людей». Выяснилось, что такой литературой пользуются только по заданию, для подготовки сообщений.

Начали переписку с музеем.

Совершили заочное путешествие по местам, где жил Михаил Васильевич Ломоносов.

Моя электронная мини-энциклопедия состоит из 73 слайдов. В содержании 30 картинок с гиперссылками, по которым можно найти тот или иной эпизод жизни ученого. Картинки структурированы по форме.

Приведу несколько примеров.

Портрет Ломоносова. Здесь мы можем узнать, кто такой Михаил Васильевич Ломоносов и рассмотреть его портрет. Вернемся к содержанию и выберем другую картинку.

Лучшими моментами в детстве Ломоносова были поездки с отцом в море. Ломоносов начал помогать отцу с 10 лет. Они отправлялись на промыслы ранней весной и возвращались поздней осенью. Рассмотрим макет корабля. Вернемся к содержанию и выберем другую картинку.

В 1748 г. Ломоносов создал первую в России научно-исследовательскую и учебную химическую лабораторию. Посмотрим поближе прошение М.В. Ломоносова об учреждении химической лаборатории,

его план этой лаборатории и её макет. Вернемся к содержанию и выберем другую картинку.

Ломоносовым разработана технология цветных стёкол. Эту методику он применил в промышленной варке цветного стекла и при создании изделий из него. Ломоносов первым в России начал осваивать технику мозаичного набора. Вернемся к содержанию и выберем другую картинку.

Посмотрим, что из цветного стекла делал Ломоносов. Первой мозаикой Ломоносова была икона, сделанная из 4000 стеклянных кубиков. Посмотрим поближе мозаичные портреты императриц Елизаветы и Екатерины II. После этого он взялся за огромную – 42 квадратных метра – мозаичную картину «Полтавская баталия». Почти пять лет работал Ломоносов над «Полтавской баталией» и закончил ее незадолго до своей смерти.

В рамках метеоисследований Ломоносов разработал летательный аппарат вертикального взлёта – первый прототип вертолёт.

Имя Ломоносова по праву стоит первым в ряду выдающихся русских естествоиспытателей. Он был первым нашим ученым-энциклопедистом, просветителем, поэтом-новатором.

Моя электронная мини-энциклопедия «Библиообраз Михаила Васильевича Ломоносова – великого ученого, поэта, просветителя» может пригодиться для проведения внеклассных мероприятий, а так же на уроках естествознания, истории, литературы, химии, в качестве наглядного пособия.

В настоящее время я создаю электронное интерактивное пособие с помощью языка разметки <html>, создаю сайт и хочу выложить его в Интернет для всеобщего пользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астафуров В.И. М.В. Ломоносов: Для славы народа российского: Кн. для учащихся 8–11 кл. / В.И. Астафуров. М.: Просвещение, 2001. 239 с.
2. Ишлинский А.Ю., Павлова Г.Е. М.В. Ломоносов – великий русский ученый. М.: Педагогика, 1986. 128 с.
3. Кононова В. Факты и домыслы // Родина. 2011. №9. С. 95–96.
4. Лебедев Е.Н. Ломоносов. М.: Мол. гвардия, 1990. 602 с.
5. Электронный ресурс: www.planet-x.net.ua
6. Электронный ресурс: wikipedia.org

ОСВЕЩЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ СЦЕНЫ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Д.А. Ознабихин, аспирант

*Научный руководитель П.В. Сенченко, доцент
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, kvonosan@sibmail.com*

Ресурсоёмким местом всегда является просчёт освещения геометрии в сцене. Была поставлена задача разделить обработку геометрии, обработку освещения (Deferred Shading) и скомбинировать его расчётом глобального освещения, которая даст следующие преимущества [1].

- Геометрия графической сцены рисуется только один раз.
- Просчёт освещения для каждого видимого пикселя производится только один раз.
- Возможность рисовать большое количество источников света в кадре.
- Возможность добавлять и комбинировать новые типы методов освещения без особых проблем.

Результаты работы. В целом мы делим конвейер рендера на несколько этапов, на каждом шаге необходимо получать данные не только по цвету, но и множеству дополнительных параметров, таких как нормаль, глубина или позиция и др.

Первым этапом является визуализация геометрии сцены без учёта её освещения, и в целом мы получаем несколько буферов данных [2]:

- Albedo – исходный цвет.
- Normal/Specular – нормаль в глобальном пространстве и бликовый цвет.
- Depth – глубина.

Получив все необходимые данные о геометрии сцены, далее мы работаем преимущественно только с буферами [2].

Ключевым моментом сложных больших и малых сцен является глобальное освещение. Итоговая освещённость каждого элемента в пространстве складывается не только из прямого влияния на него источника света, но и отражаемого луча от близлежащих поверхностей.

Данная задача, в отличие от методов рендера в нереальном времени, не может быть решена напрямую: кинуть множество лучей, и после многократно отразить их от поверхностей – это займёт очень много ресурсов. Вместо этого мы используем следующий принцип:

- Ограничимся одним отражением луча от поверхности.
- Заменяем лучи на рендер буфера кадра относительно источника света, собрав всю необходимую информацию о геометрии в пределах его досягаемости.

- Просчёт освещённости будем производить при комбинации двух буферов: буфера кадра относительно камеры пользователя и буфера кадра относительно камеры источника света.

Для реализации, кроме данных геометрии, необходима информация интенсивности света:

$$flux = dot(normalize(-(LV \times p), n)) / d,$$

где LV – матрица вида источника света; p – глобальная позиция элемента; n – нормаль элемента; dh – глубина элемента.

Учёт влияния на освещённость точки отражённого луча:

$$rl = \min(1, \max(1, dot(n, IP - p) + 0, 4)) \times \\ \times \max(0, dot(n, IN)) (1 - \min(1, \frac{lenght(IP - p)}{mD})) \times axDistntion,$$

где IN – нормаль геометрии, относительно которой происходит вычисление влияния; IP – позиция в глобальных координатах геометрии, относительно которой происходит вычисление влияния; $position$ – позиция в глобальных координатах; mD – максимальная дистанция влияния. В конечном итоге получаем метод вычисления глобального освещения в экранных координатах.

Приведённые методы хорошо работают с открытыми участками, но слабо учитывают заграждение объектами участков геометрии. Освещение дополняется затенением пространства в экранных координатах.

$$ao(x) = \frac{1}{\pi} \int_{S^+} \rho(L(P, \omega)) \times \cos(\omega) d\omega,$$

Через S^+ обозначена верхняя полусфера вокруг точки.

Задача метода: учёт тех участков, до которых свет должен доходить частично, за счёт перекрытия другими объектами. Вычисление интеграла будет ресурсоёмкой задачей, поэтому в качестве оптимизации будем использовать классический метод трассировки большого числа лучей [3].

Для грамотной визуализации объектов типа кожи или воска требуется учёт не только лучей отражаемого света, но и лучей света, отражённых внутри самого объекта, по следующей формуле:

$$sss = \exp(-sigma_t \times lerp(tTL, cT, \max(0, -dot(n_i, n_l))))),$$

где $tTL = (1 - d_i) \times (dot(cD, n_i) \times 0, 2 + 1)$ $cT = -dot(cD, n_l) * tTL$; n_i – нормаль геометрии; n_l – итоговая нормаль источника света; cD – направление взгляда камеры пользователя.

Получив данные геометрии освещения или данные других дополнительных техник, необходимо произвести комбинирование всех данных. В целом итоговый цвет каждой точки вычисляется в экранном пространстве как комбинация основного цвета и освещения.

$Color = C(\text{diffuse}, \text{light}, \text{ssao}, \text{ssgi}, \text{ssss}, \dots)$ данный цвет разбивается на два. Первый вычисляется с учётом средней интенсивности второго на предыдущем кадре по формуле

$$Lw = \frac{c1}{c2 * (0,27 * R + 0,67 * G + 0,06 * B) + c3}$$

Параметры R , G , B – усреднённый цвет второго изображения на предыдущем кадре. Полученные данные в дальнейшем используются в конвейере пост-процессов.

Анализ полученных результатов. Мы рассмотрели простую, но эффективную методику визуализации трёхмерных сцен в реальном времени. Метод имеет множество преимуществ, таких как:

- Независимость геометрии от источников света.
- Возможность обработки сцены с большим количеством источников света.
- Довольно качественный метод освещения геометрии.

Методика хорошо подходит как для встраиваемых приложений с компьютерной графикой, так и для компьютерных игр с более сложной сценой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Deferred Shading (Отложенное освещение) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gamedev.ru/terms/DeferredShading>, свободный (дата обращения: 15.10.2012).
2. Deferred Shading in S.T.A.L.K.E.R. / Oles Shishkovtsov // GPU gems 2 : programming techniques for high-performance graphics and general-purpose computation / edited by Matt Pharr; Randima Fernando.
3. Screen-Space Ambient Occlusion. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://steps3d.narod.ru/tutorials/ssao-tutorial.html>, свободный (дата обращения: 20.10.2012).

РАСЧЁТ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ РЁБЕР ГРАФА ДОРОЖНОЙ СЕТИ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ МАРШРУТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

С.С. Пекарская, ассистент каф. ВТ

г. Томск, НИ ТПУ, ИК, pekaraskayasvetlana@gmail.com

Развитие технологий позиционирования приводит к широкому распространению систем и сервисов, использующих информацию о местоположении объектов. Появляется возможность получать более точные данные, развитие инфраструктуры даёт новые возможности и повышает актуальность практически интересных задач, связанных с

обработкой данных о мобильных объектах (МО). Одной из таких задач является определение графика движения маршрутных транспортных средств (МТС) с учётом изменяющейся нагрузки в дорожной сети. Расчёт графика движения можно проводить на основании данных об актуальной дорожной ситуации [1]. В то же время системы и устройства позиционирования позволяют пользователям фиксировать и сохранять позиции МО в дорожной сети (ДС). Такого рода данные, собранные за достаточно длительный период, также могут быть использованы для решения данной задачи в режиме оффлайн.

Модели дорожной сети. С точки зрения топологии ДС может быть представлена в виде направленного мультиграфа, в котором узлы представляют пересечения дорог на одном уровне, а рёбра – сегменты дорог между пересечениями [2]. Для расчёта графика движения МТС может быть использована имеющаяся модель дорожной сети либо специально построенный по этой модели маршрутный граф [3]. В любом случае для определения графика движения понадобится оценить время проезда отдельных сегментов (рёбер графа). В данной работе исследована проблема расчёта среднего времени проезда участков ДС на основе имеющихся GPS-треков, которое можно использовать в качестве такой оценки в алгоритмах расчёта графика движения МТС.

Источники данных. В настоящее время можно найти много источников картографических данных, как открытых, так и коммерческих. В данном исследовании используются данные, предоставленные открытым сервисом OpenStreetMap [4] (OSM). Многие сервисы, работающие на основе данных OSM, также являются открытыми и позволяют добавлять новые данные, в том числе и пользовательские треки [4, 5], что делает задачу расчёта графика движения маршрутных ТС на основании статистических данных достаточно актуальной. В работе были использованы данные проекта OSM по г. Москве.

Алгоритм расчёта времени проезда участка. Под участком дорожной сети в данном исследовании понимается участок, состоящий из одного или нескольких сегментов, расположенных между перекрёстками равнозначных дорог или перекрёстками второстепенных и главных дорог. Для расчёта среднего времени проезда по участку используется алгоритм расчёта среднего времени прохождения сегмента ДС МО [6]. В данном алгоритме используется пропорциональная зависимость времени от пройденного расстояния, рассчитывается интерполирующая функция, в качестве аргументов используются расстояния, пройденные по сегменту от последней точки-позиции предыдущего сегмента до каждой последующей вплоть до первой точки следующего сегмента, в качестве значений – время в соответствующих точках-позициях.

Разбиение суток на интервалы и оптимальный размер интервалов. При решении данной задачи на основе статистических данных важно учитывать дорожную ситуацию в разное время суток. Таким образом, целесообразно разбивать сутки на интервалы и рассчитывать время проезда сегментов, усреднённое по этим интервалам, а не по суткам в целом. Как указывалось в работе [6], определять интервалы необходимо для каждой дорожной сети в отдельности, так как суточные изменения нагрузки могут существенно отличаться для различных населённых пунктов.

В рамках данного исследования сутки были разбиты на интервалы по два часа и по часу. Разбиение на интервалы по два часа позволяет локализовать утренние и вечерние часы пик в соответствующих интервалах, однако не позволяет эффективно оценивать нарастание и спад нагрузки в утренние и вечерние часы, в то время как разбиение на интервалы по часу дают более точную оценку времени (рис. 1). Важно, что при таком делении среднее значение времени в подавляющем большинстве случаев пропорционально соответствует интенсивности нагрузки на данный участок в данное время суток и позволяет достаточно достоверно рассчитывать время, затрачиваемое на проезд по тому или иному участку дорожной сети.

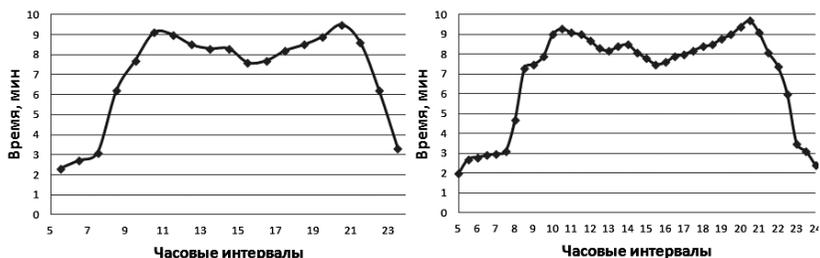


Рис. 1. Время, полученное на основании данных 2-часовых (слева) и 1-часовых (справа) интервалов

На основании полученных результатов сделан вывод, что деление на интервалы менее или более одного часа нецелесообразно, так как одночасовой интервал позволяет достаточно точно учитывать часы пик, а также возрастание и спад нагрузки в дорожной сети. Интервалы, большие по времени, «смажут» максимумы пиковых нагрузок, а меньшие интервалы будут дробить данные, полученные при определённой дорожной ситуации, и потребуют значительно увеличить количество исходных данных.

Заключение. Разработан алгоритм расчёта среднего времени проезда участков дорожной сети в некотором интервале суток.

Проведено экспериментальное исследование этого алгоритма на различных значениях диапазонов этих интервалов.

По результатам численных экспериментов сделан вывод о том, что оптимальным для выбранного региона является разбиение на од-ночасовые интервалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спутниковый мониторинг транспорта. Режим доступа: <http://m2m-t.ru/>, свободный.
2. Шестаков Н.А. Алгоритмическое и программное обеспечение геоинформационной системы для мониторинга мобильных объектов в дорожной сети: дис. ... к.т.н. Томск: ТПУ, 2010. 176 с.
3. Gerhart Ertl. Shortest Path Calculation in Large Road Networks // OR Spectrum. 1998. №20.
4. OpenStreetMap Wiki [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://wiki.openstreetmap.org/>, свободный.
5. Шестаков Н.А. Использование открытых источников геоданных на примере сервиса OpenStreetMap // Сб. докл. 7-й Всерос. науч.-практ. конф. «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 2009.
6. Пекарская С.С., Шестаков Н.А. Расчёт весовых коэффициентов для нахождения кратчайшего по времени пути // Сб. докл. 18-й Всерос. науч.-практ. конф. «Современные техника и технологии». Томск, 2012.

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ: «ВАЛЕНТНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АТОМОВ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ»

С.С. Ратасен, учащийся 8-го класса

*Научные руководители – Н.В. Куренко, учитель информатики, высш. кв. кат., А.М. Шматкова, учитель химии, высш. кв. кат.
Кемеровская область, г. Мариинск, МАНОУ «Гимназия №2»*

Общее свойство химических элементов прослеживается периодической системой химических элементов.

Гипотеза. Периодическая система химических элементов есть графическое отображение периодического закона. В ней скрыты основные закономерности свойств химических элементов и их соединений. Одной из таких закономерностей является соответствие номера группы высшей валентности элемента. Об этом мы знаем с первых уроков химии. Если это так, то у азота высшая валентность должна быть V, у фтора VII, у кислорода VI. Гипотеза данного исследования являет собой вопрос о возможности создания эффективного электронного учебного пособия, в котором мы наглядно можем проверить эту закономерность и признать ее или опровергнуть.

Цель работы. Создание универсальных электронных таблиц «Валентные возможности атомов химических элементов», способствующие осознанному пониманию одного из важнейших понятий химии «валентность».

Задачи

1. Изучить теоретический материал о строении атомов.
2. Научиться составлять схемы электронного строения атомов, электронные формулы, электронографические схемы строения атомов.
3. Используя знания по информатике и ИКТ создать эффективное пособие помогающие осознанно воспринимать, понимать, предполагать валентные возможности атомов.

Достоинство пособия:

- 1) универсальность, т.к. его можно использовать при изучении химии в разных классах, при изучении разных тем, работая по разным программам;
- 2) иллюстративность – дает возможность обучающимся не заучивать валентные возможности отдельных элементов, а понимать, предполагать и доказывать валентные возможности атомов химических элементов;
- 3) использование на разных этапах урока с различными педагогическими целями;
- 4) предъявление материала кратко, образно, экономит время урока;
- 5) оперативность подготовки данного пособия к использованию на уроке;
- 6) имеет иллюстративно-обучающий характер: развивает устную речь, ведет к формированию творческого химического мышления.

Содержание работы

Валентность – это число химических связей, которые данный атом образует с другими атомами. Валентность определяется:

- 1) числом неспаренных электронов в атоме как в стабильном, так и в возбужденном состоянии;
- 2) числом свободных орбиталей;
- 3) числом неподеленных электронных пар.

Чтобы объяснить валентные возможности каждого химического элемента, необходимо знать строение атома. Для успешного усвоения теории строения атома существует множество разных наглядных пособий, но жизнь показывает, что сегодня самым эффективным средством обучения являются электронные пособия. Вашему вниманию мы предоставляем такое электронные пособие.

Наше пособие представляет собой несколько кадров.

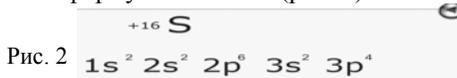
Из основного меню можно перейти на электронную таблицу «Валентные возможности атомов химических элементов».

Структура таблицы «Валентные возможности атомов химических элементов» представлена 8 химическими элементами по следующим разделам:

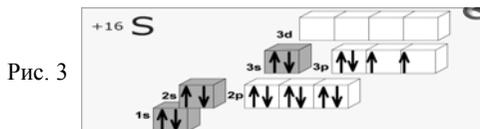
1. Схема электронного строения атома (рис. 1):



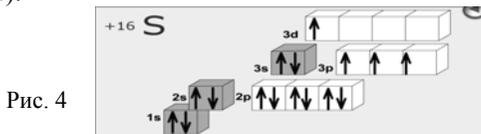
2. Электронная формула элемента (рис. 2):



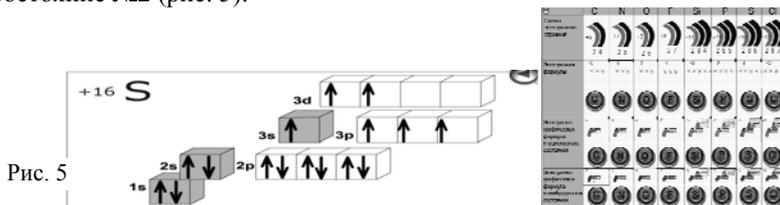
3. Электронно-графическая формула – стационарное состояние (рис. 3):



4. Электронно-графическая формула – возбужденное состояние №1 (рис. 4):



5. Анимация электронно-графической формулы – возбужденное состояние №2 (рис. 5):



Сказание о его величестве Атоме

Атом – это многоэтажный дом, где дружно живут талантливые, сильные, дружные жильцы-электроны. Они живут на разных этажах и у каждого из них есть свои квартиры (орбитали). В каждой квартире не более двух жильцов. А есть и свободная «жилплощадь» – это свободные орбитали, куда могут перейти очень возбужденные электроны, чтобы ус-покоиться и дать возможность своим соседям привести себя в порядок (рис. 6).

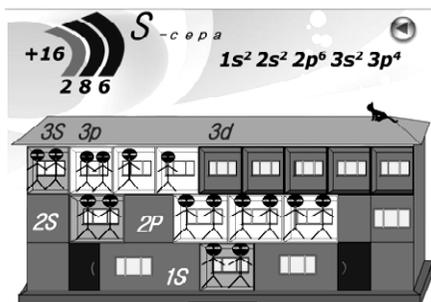


Рис. 6

Заключение. Электронное пособие облегчает понимание изучаемого материала за счет иных, нежели в печатной учебной литературе, способов подачи материала: индуктивный подход, воздействие на слуховую и эмоциональную память и т.п.

Школа нуждается в видеоматериалах разного вида, содержащих специальные знания, проблемные ситуации, исследовательские ситуации.

Мы уверены, что по мере освоения Flash все больше преподавателей будут создавать наглядные анимированные пособия, а процесс обучения будет становиться все более наглядным, интересным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова Р.Г. Комплект транспарантов. Электронные оболочки атомов и периодический закон / Р.Г. Иванова, А.А. Каверина. М.: Центр Планетариум, 2001. 12 с.
2. Дендебер С.И. Современные технологии в процессе преподавания в химии / С.И. Дендебер, О.В. Ключникова. М.: ООО «5 за знания», 2006. 246 с.
3. Леенсон И.А. Химические формулы и химические реакции / И.А. Леенсон. М.: Аристель, 2002. 128 с.
4. Поговорим о свойствах Movie Clip объектов ActionScript 2.0 [Электронный ресурс]. Уроки. www.flashist.ru/2007/11/23/pogovorim-o-svoystvax-movie-clip-obektov-v-actionscript-20 (14.10.2012).
5. Анимированная кнопка [Электронный ресурс]. Уроки. flash.demiart.ru/2007/02/27/animirovannaya-knopka/ (06.01.2013).

ПРОБЛЕМА ТВОРЧЕСТВА В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

О.Н. Герман, доцент каф. философии и социологии

г. Томск, ТУСУР, miadegis@mail.ru

Задача данной статьи заключается в том, чтобы показать необходимость эстетического отношения к процессу образования, а также рассмотреть основные проблемы, связанные с необходимостью внедрения в процесс образования современных технических средств.

Одной из современных проблем социогуманитарного образования является все более явная тенденция сведения ценностного значения гуманитарного, теоретического знания к прагматическим целям. Духовное, абстрактное, знание, решающее множество сложнейших задач,

цель которых – формирование целостной, творческой личности, сводится лишь к тому, чтобы ознакомить студента с системой взглядов культурного наследия, суммой полученных знаний, расширяющих кругозор и повышающих его эрудицию.

Вследствие данной базовой установки современная система образования воспринимается сознанием студента не как целостный процесс, а как сумма отдельных получаемых знаний, цель которых не формирование разносторонне развитой личности, а приобретение конкретной специальности и выработка профессиональных навыков.

Аксиологическая дезориентация приводит к невозможности адекватного ориентирования личности в системе получаемых знаний. Субъективное отношение к гуманитарным дисциплинам определяется как незначимое, второстепенное, нечто развлекательное.

Требование же включать различные демонстрационные технологии в процесс образования не решает главной задачи. Итак, проблема эстетического переживания образовательного процесса, представляет собой лишь часть проблемы более глубокой, а именно, что есть эстетика сегодня. Как возможно эстетическое переживание в современном техническом, постиндустриальном мире?

Классические критерии, задающие ценность получаемой информации, претерпевают ряд существенных изменений. Современная мировоззренческая установка, ориентирующая сознание на получение прагматической пользы от получаемой информации, исключает возможность безотносительного восприятия. Эстетика становится замкнутой, отдельной дисциплиной. Для массового сознания эстетическое переживание не отличается от любого другого вида переживания, а потому единственно доступным критерием, определяющим его ценность, становится личный вкус. Но эстетика – сфера сверхнеобходимого, следовательно, интерес, пробуждаемый зрелищным выражением, будет не познавательным, а созерцательным.

Эта установка исключает формирование инженерного сознания как способного к творческому, т.е. свободному мышлению. Подобная позиция есть не что иное, как стремление снять с себя ответственность за те последствия, к которым приводит современное образование. Ответственность за качество образования возможна только в силу осознания значимости получаемого знания как необходимого для формирования собственной личности. Внедрение новых технических средств в образовательный процесс не решает этой проблемы.

Я приведу лишь некоторые примеры, связанные с влиянием технических средств на процессе образования.

Визуализация процесса обучения требует сосредоточения внимания на процессе восприятия, что снижает степень критичности вос-

приятия нового материала. Это не способствует формированию творческого, самостоятельного отношения к процессу.

Доступность получаемой информации предполагает возможность возвращения к ней, а потому нет концентрации внимания на живой речи лектора, а, следовательно, и мышление не требует полноты понимания излагаемой идеи, тем самым формируется индифферентное отношение к самой лекции.

В процессе зрелищного восприятия материала студенту, отводится роль пассивного созерцателя, а не активного соучастника, условия данного действия не являются взаимодействием. Смысловый контекст, не находящейся в визуальном ряду, утрачивается.

Еще одним серьезным негативным феноменом влияния от использования технических средств на трансформацию сознания в процессе образования является положение «удвоения реальности», в рамках которой снимается необходимость в адаптивной способности сознания, которая посредством виртуальных создаваемых конструктов встраивала человека в реальность. Современная ситуация образования дает весь спектр необходимых конструктов, благодаря электронным ресурсам, любые проблемы как в поиске информации, так и в практических рекомендациях к действию. Процесс создания – изобретения меняется на процесс быстрого нахождения информации. Это также задает сознанию установку на формальную, а не содержательную сторону получения знания, в которой процесс самоидентификации как самоощущения и самопознания осуществляется не через вынесение себя вовне, а через анонимное присоединение к имеющемуся.

Зрелищное восприятие не способствует созданию собственных смысловых конструктов, приоритетным становится компиляционный подход.

Итак, визуализация процесса образования с помощью технических средств, несомненно, делает процесс усвоения материала более зрелищным и привлекательным для изучения, но имеет, на мой взгляд, существенный недостаток. Он формирует инфантильную установку к процессу восприятия, не способствует возникновению критической, творческой позиции по отношению к новому материалу. Необходим методологический подход к использованию технических средств, который должен, прежде всего, преодолеть взгляд на процесс образования как на сферу услуг, образование не должно развиваться по законам бизнеса, изначально аморальным и неэстетичным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гадамер Г.Г. Актуальность прекрасного. М.: Искусство, 1991. 367 с.
2. Ортега-и-Гассет. Эстетика. Философия культуры. М.: Искусство, 1991. 588 с.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 8

ОПТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАНОФОТОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

*Председатель секции – Шарангович С.Н., профессор,
зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н.,*

зам. председателя – Буримов Н.И., зав. УНЛ каф. ЭП НИЧ, к.т.н.

К.В. Францев, В.Н. Давыдов ВЛИЯНИЕ ВХОДНОЙ ЦЕПИ НА СИГНАЛ ФОТОПРОВОДИМОСТИ ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА	9
К.В. Францев, В.Н. Давыдов ФЛУКТУАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ФОТОРЕЗИСТОРОВ ИЗ CdSe В УСЛОВИЯХ ЗАСВЕТКИ	13
А.Н. Гребенчуков ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ФОТОТОКА В КРИСТАЛЛЕ $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}\text{-Fe}$ ПРИ ЗАСВЕТКЕ ИК-ИЗЛУЧЕНИЕМ	16
С.Ю. Хотненко СВЕТОДИОДНЫЙ СВЕТИЛЬНИК ДЛЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА	19
Е.С. Худякова, О.В. Головашко, В.В. Кошелева ИЗМЕНЕНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ПОГЛОЩЕНИИ В КРИСТАЛЛЕ СИЛИКАТА ВИСМУТА, ПОДВЕРГНУТОМ ОТЖИГУ И ЛАЗЕРНОЙ ЗАСВЕТКЕ	22
М.А. Корелина, В.С. Терентьев ОЦЕНКА РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ КОНФОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ	25
К.М. Мамбетова, Н.Н. Смаль, А.К. Зимина, И.А. Егорова ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАРЯДА ПРОПУСКАЮЩИХ ГОЛОГРАММ В КРИСТАЛЛЕ $\text{LiNbO}_3:\text{Cu}$	27
А.Б. Мишин ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТОЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ	31
Д.А. Новиков АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИБОРОВ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ	33
В.Л. Олейник, В.Н. Давыдов ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ КРИСТАЛЛОФИЗИКИ К ЗАДАЧАМ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ	36
В.Л. Олейник, В.Н. Давыдов ПИРО- И ПЬЕЗОЭФФЕКТЫ В СВЕТОДИОДНОЙ MQW-СТРУКТУРЕ	40

В.Л. Олейник, В.Н. Давыдов ПРОФИЛЬ КОНЦЕНТРАЦИЙ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ	44
А.С. Перин ФОРМИРОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ В УСЛОВИЯХ ВКЛАДА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА	47
А.В. Полунин ПЛИС-МОДУЛЬ СОПРОВОЖДЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ	50
А.О. Семкин, С.Н. Шарангович ВЛИЯНИЕ ЗНАКОПЕРЕМЕННОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР В ФОТОПОЛИМЕРИЗУЮЩИХСЯ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ ..	52
Н.Н. Горяшин, А.В. Карпенко, А.С. Сидоров РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХКАСКАДНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ..	58
С.С. Смирнов ТРАССОВЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР УФ-ДИАПАЗОНА СПЕКТРА	60
А.А. Виллисов, И.А. Екимова, В.С. Солдаткин, В.И. Туев ЛЮМИНОФОР ДЛЯ СВЕТОДИОДА	63

СЕКЦИЯ 9

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА

*Председатель секции – Ворошилин Е.П., зав. каф. ТОР, к.т.н.,
зам. председателя – Гельцер А.А., ст. преподаватель каф. ТОР, к.т.н.*

С.И. Абрамчук, С.В. Купреков ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	66
А.М. Бойко МОБИЛЬНЫЙ ТЕРМИНАЛ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА	69
Е.В. Бортников, В.О. Шмойлов ОБЗОР СТАНДАРТОВ СЕТЕЙ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА	71
Е.А. Бураев АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ. СТЕК ПРОТОКОЛА ZIGBEE	73
Ж.Т. Эрдынеев, Г.О. Манохин, А.С. Вершинин ВРЕМЕННОЕ СВЕРХРАЗРЕШЕНИЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ	77

М.А. Кашпур МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАСЕВА ТЕРРИТОРИИ ДАТЧИКАМИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ В ТОПОГРАФИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ	80
А.С. Крупский МЕТОДИКА УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ПРИ ПОМОЩИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ УЗЛОВ.....	83
О.А. Лазарева РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В МИРЕ И РОССИИ: АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМ	85
Р. Абенов, Г.О. Манохин, Ж.Т. Эрдынеев, А.А. Гельцер, А.С. Вершинин УВЕЛИЧЕНИЕ УРОВНЯ МЕЖКАНАЛЬНОЙ РАЗВЯЗКИ В РАДАРЕ С НЕПРЕРЫВНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ЗА СЧЁТ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА	88
А.А. Марамзина ПРИЕМ И ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ	90
С.В. Мелкомуков ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЕТА МОЩНОСТИ СИГНАЛА В ГОРОДЕ	92
А.М. Мукашев, Н.И. Муслимова МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	95
Д.А. Покаместов РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГЕНЕРАТОРА СИГНАЛОВ СИСТЕМЫ WIMAX	96
Е.В. Рогожников, А.А. Гельцер СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ.....	99
Д.С. Широченко, Р.С. Широченко РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРАВИЛЬНОСТИ РАСПАЙКИ РАЗЪЕМОВ	102
Р.С. Широченко, Д.С. Широченко МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОДИНОЧНОЙ ЯЧЕЙКИ СЕТИ LTE В СИМУЛЯТОРЕ С ОТКРЫТЫМ КОДОМ	104
Д.Н. Ушарова, В.О. Пашков АЛГОРИТМ МНОГОКАМЕРНОЙ ВИДЕОАНАЛИТИКИ ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ МАНЕВРИРУЮЩИХ ЦЕЛЕЙ	107
Д.А. Юдин, П.С. Киселев СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ СПУТНИКОВОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В NS-2.....	109
С.Ю. Землянухин SHAPED OFFSET QUADRATURE PHASE SHIFT KEYING-TELEMETRY GROUP VERSION МОДУЛЯТОР	111

СЕКЦИЯ 10

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

*Председатель секции – Катаев М.Ю., проф. каф. АСУ, д.т.н., профессор,
зам. председателя – Суханов А.Я., доцент каф. АСУ, к.т.н.*

М.О. Денисенко, М.А. Сурганова СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММ ARIS EXPRESS 2.6 И FOX MANAGER BUSINESS PROCESSES.....	115
И.Н. Гаращенко, А.К. Шмакова, Д.О. Якушин АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «TELEOPERATION».....	117
И.А. Герасин, И.Н. Гаращенко, А.К. Шмакова, Д.О. Якушин РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА «АВТОФИНИШ» НА БАЗЕ FREESCALE TOWER	119
Н.А. Митник СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ НОТАЦИЙ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ.....	121
С.А. Небоженко ОБЗОР СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ERWIN.....	124
Д.О. Якушин, Е.А. Пекарских ПРОГРАММНОЕ И АППАРАТНОЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ МОДЕЛИ ГОНОЧНОЙ МАШИНЫ FREESCALE	126
Д.В. Медведев, Е.К. Гилёва ОБЗОР ПОПУЛЯРНЫХ НОТАЦИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ «БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ».....	129

СЕКЦИЯ 11

ФИЗИЧЕСКАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

*Председатель секции – Троян П.Е., зав. каф. ФЭ, д.т.н., профессор,
зам. председателя – Смирнов С.В., профессор каф. ФЭ, д.т.н.*

А.В. Белоножко, Р.А. Соколова ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛЮМИНОФОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕЛЫХ СВЕТОДИОДОВ	131
О.И. Демченко ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ДИОКСИДА КРЕМНИЯ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ.....	133
А.Р. Кадыров ИЗМЕНЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЁНОК ВСЛЕДСТВИЕ РАЗМЕРНОГО ЭФФЕКТА	136
А.И. Копейкин, А.С. Климов, А.С. Жигалкина, А.А. Зенин ДВУХСТОРОННЕЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЕ СПЕКАНИЕ АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ.....	139

С.А. Линник	
СИНТЕЗ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ АЛМАЗНЫХ ПЛЕНОК ИЗ ПЛАЗМЫ СИЛЬНОТОЧНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА.....	142
А.П. Молева, В.В. Скубо	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСВЕТЛЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ.....	145
Н.В. Скотников, Т.И. Данилина	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ БОКОВОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЗАТВОРА N-MOS ТРАНЗИСТОРА В ПРОГРАММЕ SILVACO TCAD.....	148
Чан Хай Кат	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ЭЛЕКТРОНОВ С УЧЕТОМ ВТОРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И ОЖЕ-ЭЛЕКТРОНОВ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО.....	151
А.В. Казаков, А.В. Волков, А.В. Медовник	
ЗАЖИГАНИЕ ДУГОВОГО РАЗРЯДА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО ВАКУУМА.....	154
Ю.С. Жидик	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО СВЕТОДИОДА В РАБОЧЕМ РЕЖИМЕ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЕГО КОНСТРУКЦИИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	156
Д.Б. Золотухин, А.А. Зенин	
РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ В ГАЗЕ.....	159

СЕКЦИЯ 12

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

*Председатель секции – Михальченко Г.Я., директор НИИ ПрЭ, д.т.н.,
профессор, зам. председателя – Семенов В.Д., профессор, зам. зав.
каф. ПрЭ по НР, к.т.н.*

Ганбат Энхбаяр	
ТРАНЗИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	162
Н.Н. Горяшин, А.С. Сидоров, А.А. Соломатова	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КЛЮЧЕЙ В РЕЗОНАНСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ НАПРЯЖЕНИЯ.....	165
А.И. Кох	
МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ МАССИВА МОЩНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ.....	168
М.В. Бейков, А.В. Королёв	
ОГРАНИЧЕНИЕ ОДНОСТОРОННЕГО НАСЫЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА ДВУХТАКТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	

НАПРЯЖЕНИЯ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ КРУТИЗНЫ ОПОРНОГО ПИЛООБРАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ШИМ.....	170
Е.В. Загородских, М.В. Миненко СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ.....	173
Д.Б. Бородин, Р.Г. Калинин ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДРОССЕЛЕЙ НАСЫЩЕНИЯ И МАГНИТНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ.....	176
А.П. Бушуева, А.В. Литвинов, А.Ю. Хуторной, В.Н. Учаев ПРОТОКОЛ СВЯЗИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ПО ИНТЕРФЕЙСУ SPI С ПОДДЕРЖКОЙ ВНЕШНИХ УСТРОЙСТВ В АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ.....	177
Н.П. Винтоняк УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ.....	180
Д.Р. Гаязов ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ДРОССЕЛЕЙ.....	182
Р.Г. Калинин, В.А. Федотов ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА МЕДНЫЙ ПРОВОДНИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА COMSOL MULTIPHYSICS.....	185
О.В. Клакович, С.С. Тюнин, А.В. Храпцов ИСТОЧНИК АСИММЕТРИЧНОГО ТОКА ИЛИ НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ.....	188
П.С. Косолапов, И.К. Идрисов, В.А. Федотов КОМБИНИРОВАННЫЙ ДВУХТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ОБРАТНЫМ КЛЮЧОМ В РЕЖИМЕ СБРОСА НАКОПЛЕННОЙ ЭНЕРГИИ.....	191
Д.В. Ксынкин ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SoC ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ РАБОТЫ С ИЗОБРАЖЕНИЕМ.....	196
Я.А. Литвинов, В.М. Саюн ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА MC56F8013.....	199
Н.С. Легостаев, А.С. Окружко К ВОПРОСУ ВЫБОРА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ДЛЯ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ.....	202
А.С. Романенко АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ПОДСВЕТКИ РЕКЛАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	205
Е.А. Сидоров, Е.Э. Тен, А.Б. Упаев АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГРУНТА.....	207

С.В. Сидоров, Р.Г. Калинин ВЫБОР КОРРЕКТИРУЮЩЕГО ЗВЕНА ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ОДНОТАКТНОГО ОБРАТНОХОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ MATLABSIMULINK	210
С.С. Тюнин, О.В. Клакович, А.В. Храмцов ВВЕДЕНИЕ В ЗАДАЧУ РАЗРАБОТКИ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОМ АСИММЕТРИЧНОГО ТОКА (НАПРЯЖЕНИЯ).....	214
В.Н. Учаев, А.Ю. Хуторной, А.В. Литвинов УЛЬТРАЗВУКОВОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ ИГОЛЬЧАТЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ В БИОЛОГИЧЕСКУЮ ТКАНЬ	218
Д.Д. Усачев ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ.....	221
В.С. Фёдоров, В.М. Саюн МОДЕЛИ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛИТЕЛЯ В СРЕДЕ МАТЛАВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА	224
Р.В. Хуббиев, А.Ю. Хуторной, В.Н. Учаев, А.В. Литвинов СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ НОМИНАЛА НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ.....	226
А.А. Черкашин, В.А. Федотов УСТАНОВКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ВОДЫ И РАСЧЕТ ЕЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ	228
А.И. Темчук, В.А. Федотов МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАМКНУТОГО УСИЛИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МНОГОЗОННОЙ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ.....	233

СЕКЦИЯ 13

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Председатель секции – Ехлаков Ю.П., проректор по информатизации
и управлению ТУСУРа, зав. каф. АОИ, д.т.н., профессор,
зам. председателя – Сенченко П.В., декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.*

Ю.И. Аксенов, В.И. Маковкин, И.Ю. Пудуль, Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский РАЗРАБОТКА МНОГОЯЗЫКОВОЙ ПОДДЕРЖКИ ДЛЯ ВЕБ- ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА	237
А.Н. Бархатов, А.Э. Чумаков РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В СТРУКТУРНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ МИБС	239

В.А. Дунасв	
ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕПЛИКАЦИИ В БАЗАХ ДАННЫХ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ТИПА.....	241
А.А. Голубева	
ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ ТИПА ТАКАГИ–СУГЕНО МОДИФИЦИРОВАННЫМ АЛГОРИТМОМ МНОГОМЕРНОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ.....	243
Е.И. Грибков, А.В. Кривоусов	
АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ.....	246
М.А. Колосовский, Е.Н. Крючкова	
МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА QUICK SHIFT ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ....	249
И.М. Кудинов	
МЕТОДИКА РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА К СОДЕРЖИМОМУ ОФИСНЫХ ДОКУМЕНТОВ, БАЗИРУЮЩИХСЯ НА XML-ФОРМАТЕ.....	252
Д.Н. Лайком	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ DBSCAN И GUSTAFSON–KESSEL ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЗВЕЗД БАЗ ДАННЫХ ЕВРОПЕЙСКОГО КОСМИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА.....	254
А.С. Медведев, Т.Ю. Гуцалова, У.В. Степанова	
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИОНА.....	257
М.М. Милихин	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ...	260
И.Ю. Пудуль	
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ.....	262
М.М. Рычагов	
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛИЗОВАННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СКОРОСТИ ДОСТУПА К ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДАНЫМ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....	265
Д.А. Сидоров	
WEB-ИНТЕРФЕЙС АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ЭЛЕКТРОННАЯ ПОХОЗЯЙСТВЕННАЯ КНИГА».....	268
О.С. Мовчан, А.П. Пашин, А.М. Товкач	
ЭЛЕКТРОННАЯ ПОХОЗЯЙСТВЕННАЯ КНИГА КАК СРЕДСТВО ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	271
П.А. Заичкина, Н.Ю. Лунина, М.Р. Тухватшин	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ.....	275

СЕКЦИЯ 14

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА

*Председатель секции – Черепанов О.И., профессор каф. ЭСАУ, д.ф.-м.н.,
зам. председателя – Шидловский В.С., доцент каф. ЭСАУ, к.т.н.*

А.А. Мальцев, К.А. Минаков

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ
НА ОСНОВЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ С РЕШЁТКОЙ
БРЭГГА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ УСИЛИЯ НАТЯЖЕНИЯ
В КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ МАЛЫХ СЕЧЕНИЙ 278

Д.Н. Новиков

ОПТИКОЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ
ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ
СТЕРЖНЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ 281

И.С. Довженко, И.Ю. Поляков

АЛОГОРИТМ АВТОФОКУСИРОВКИ КАМЕР СЛЕЖЕНИЯ 283

С.А. Поляков, М.А. Волков

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА
КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА БЕНЗИНА 284

А.А. Савкина

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ
ПРОИЗВОДНЫХ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РЕШЕНИЮ
ОДНОМЕРНЫХ ЗАДАЧ (ГИДРОДИНАМИКИ) 287

В.В. Титков, П.С. Любутин

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ
В АЛГОРИТМЕ ПОСТРОЕНИЯ ВЕКТОРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ 289

СЕКЦИЯ 25

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

*Председатель секции – Дмитриев В.М., декан ФМС,
зав. каф. МОТЦ, д.т.н., проф.,
зам. председателя – Ганджа Т.В., доцент каф. СА, к.т.н.*

А.Т. Аспембитова

ЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ МОДЕЛИ ВОЛАТИЛЬНОСТИ
(ARCH-МОДЕЛИ) 292

К.В. Бойкова, А.И. Исмаилова, Г.В. Савчук

ПАКЕТЫ ГЕНЕРАТОРОВ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ФИЗИКЕ,
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ С ЭЛЕКТРОННЫМИ ОТЧЁТАМИ В
ВИРТУАЛЬНОМ ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ 294

А.Н. Черников	
СИСТЕМА ПРОВЕРКИ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ И ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ	297
В.М. Дмитриев, В.В. Ганджа	
СТРУКТУРА И ЗАДАЧИ ЦЕНТРОВ МОЛОДЕЖНОГО ИННОВАЦИОННОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ.....	298
С.И. Франчук	
ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИФИКАЦИИ IMS QT.....	301
Т.В. Ганджа, С.И. Гаврилов	
МНОГОУРОВНЕВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ.....	303
Т.Е. Григорьева	
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦВЕТНЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ	306
Я.А. Харькова, В.С. Куринька	
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ «УМНОЙ ТЕПЛИЦЫ НА ГИДРОПОНИКЕ» ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЕЕ МОДЕЛИ.....	308
С.С. Харьков, И.В. Довгалюк, А.В. Смагин	
АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ ДЛЯ СНЯТИЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИБОРОВ	310
С.Л. Хомич	
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО ТЕКСТУ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ (ОБЗОР).....	313
О.С. Затик, Е.В. Истигечева, А.И. Корнюшина	
ОБОБЩЕННАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГРАММ.....	315
Т.А. Лигай, И.А. Кречетов	
МОДЕЛЬ ОБУЧАЕМОГО КАК ОСНОВА В РАЗРАБОТКЕ АДАПТИВНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА	318
С.А. Панов	
МЕТОДИКА И МОДЕЛИ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ РАБОТЫ С БАЗАМИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ SCADA-СИСТЕМ.....	321
М.Ю. Перминова	
ОБЗОР СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ РАБОТЫ С ПРОИЗВОДЯЩИМИ ФУНКЦИЯМИ	323
С.Н. Валитов	
МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ.....	325
Ю.А. Зорин	
СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ ГЕНЕРАТОРОВ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ.....	327

СЕКЦИЯ 26

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ОТКРЫТИЯ. ТВОРЧЕСТВО. ПРОЕКТЫ

*Председатель секции – Федорова Н.А., нач. учеб.-метод.
управления НОУ «Открытый молодежный университет»,
зам. председателя – Смолонская М.А., зам. нач. учеб.-метод.
управления НОУ «Открытый молодежный университет»*

М.К. Михайлович, П.С. Ермакова ПРИМЕНЕНИЕ АНДРОИДНОГО РОБОТА NAO. СЦЕНАРИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	330
Т.Т. Газизов, Д.И. Афанасьев, А.С. Проценко, М.Ю. Ткачева, Н.В. Черепанова, Ю.О. Корнеев ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	333
И.В. Котовенко СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ И ГЕОСФЕРА	336
А.В. Масальгин ЭЛЕКТРОННАЯ МИНИ-ЭНЦИКЛОПЕДИЯ «БИБЛИООБРАЗ МИХАИЛА ВАСИЛЬЕВИЧА ЛОМОНОСОВА – ВЕЛИКОГО УЧЕНОГО, ПОЭТА, ПРОСВЕТИТЕЛЯ»	339
Д.А. Ознабихин ОСВЕЩЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ СЦЕНЫ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ.....	342
С.С. Пекарская РАСЧЁТ ВЕСОВЫХ КОЭФИЦИЕНТОВ РЕБЕР ГРАФА ДОРОЖНОЙ СЕТИ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ МАРШРУТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	344
С.С. Ратасеп СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ: «ВАЛЕНТНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АТОМОВ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ»	347
О.Н. Герман ПРОБЛЕМА ТВОРЧЕСТВА В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ.....	350

Научное издание

Материалы
Всероссийской научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2013»

15–17 мая 2013 г., г. Томск

В пяти частях

Часть 2

Корректор – **В.Г. Лихачева**
Верстка **В.М. Бочкаревой**

Издательство «В-Спектр»
Сдано на верстку 01.04.2013. Подписано к печати 30.04.2013.
Формат 60×84¹/₁₆. Печать трафаретная. Печ. л. 22,75.
Тираж 500 экз. Заказ 11.

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