



Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 РАДИОКОНСТРУКТОРСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

 ФАКУЛЬТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

 ФАКУЛЬТЕТ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

 ГУМАНИТАРНЫЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ
БЕЗОПАСНОСТИ

 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

 ЮРИДИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 ЗАОЧНЫЙ И ВЕЧЕРНИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ
ДИСТАНЦИОННОГО
ОБУЧЕНИЯ

**ВЫБИРАЯ БУДУЩЕЕ,
ВЫБИРАЙ TUSUR!**

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, каб. 129 E-mail: onir@main.tusur.ru
Телефон/Факс: (3822) 900-100 Сайт: <http://tusur.ru/>

Информационный центр абитуриента: magistrant.tusur.ru

НАУЧНАЯ СЕССИЯ TUSUR-2019



**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
22–24 мая 2019 г. (в четырех частях)**

Часть 2

г. Томск

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

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2019

Материалы
Международной научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2019»

22–24 мая 2019 г., г. Томск

В 4 частях

Часть 2

В-Спектр
2019

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

Н 34

Н 34 Научная сессия ТУСУР–2019: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22–24 мая 2019 г.: в 4 частях. – Томск: В-Спектр, 2019. – Ч. 2. – 376 с.

ISBN 978-5-91191-413-4

ISBN 978-5-91191-414-1 (Ч. 1)

ISBN 978-5-91191-415-8 (Ч. 2)

ISBN 978-5-91191-416-5 (Ч. 3)

ISBN 978-5-91191-417-2 (Ч. 4)

Материалы Международной 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, правовым проблемам современной России, 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 978-5-91191-413-4

ISBN 978-5-91191-415-8 (Ч. 2)

**Международная
научно-техническая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2019»,
22–24 мая 2019 г.**

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

- Шелупанов А.А. – председатель Программного комитета, ректор ТУСУРа, директор Института системной интеграции и безопасности, председатель правления Томского профессорского собрания, д.т.н., проф.;
- Рулевский В.М. – заместитель председателя Программного комитета, проректор по научной работе и инновациям ТУСУРа, к.т.н.;
- Абдрахманова М.В., директор библиотеки ТУСУРа;
- Афонасова М.А., зав. каф. менеджмента ТУСУРа, д.э.н., проф.;
- Бабур-Карателли Г.П., к.т.н., PhD (TU Delft), научный сотрудник каф. TOP ТУСУРа;
- Беляев Б.А., зав. лаб. электродинамики и СВЧ-электроники Ин-та физики СО РАН, д.т.н., г. Красноярск;
- Васильковская Н.Б., доцент каф. экономики ТУСУРа, к.э.н.;
- Голиков А.М., доцент каф. РТС ТУСУРа, к.т.н.;
- Грик Н.А., зав. каф. ИСР ТУСУРа, д.и.н., проф.;
- Давыдова Е.М., декан ФБ, доцент каф. КИБЭВС ТУСУРа, к.т.н.;
- Демидов А.Я., проф. каф. TOP ТУСУРа, к.ф.-м.н., доцент;
- Дмитриев В.М., проф. каф. КСУП ТУСУРа, д.т.н.;
- Дробот П.Н., доцент каф. УИ ТУСУРа, к.ф.-м.н.;
- Еханин С.Г., проф. каф. КУДР ТУСУРа, д.ф.-м.н., доцент;
- Заболоцкий А.М., проф. каф. ТУ ТУСУРа, д.т.н.;
- Зариковская Н.В., доцент каф. ЭМИС ТУСУРа, к.ф.-м.н.;
- Исакова А.И., доцент каф. АСУ ТУСУРа, к.т.н.;
- Карателли Д., PhD (Sapienza University of Rome), технический директор компании «The Antenna Company Nederland B.V.»;
- Карташев А.Г., проф. каф. РЭТЭМ ТУСУРа, д.б.н.;
- Катаев М.Ю., проф. каф. АСУ ТУСУРа, д.т.н.;
- Коцубинский В.П., зам. зав. каф. КСУП, доцент каф. КСУП ТУСУРа, к.т.н.;
- Красинский С.Л., декан ЮФ ТУСУРа, к.и.н.;
- Лошилов А.Г., зав. каф. КУДР, начальник СКБ «Смена» ТУСУРа, к.т.н.;
- Лукин В.П., зав. лаб. когерентной и адаптивной оптики ИОА СО РАН, Почетный член Американского оптического общества, д.ф.-м.н., профессор, г. Томск;
- Малюк А.А., проф. каф. «Кибербезопасность» НИЯУ МИФИ, к.т.н., г. Москва;
- Малютин Н.Д., гл.н.с. НИИ систем электрической связи, проф. каф. КУДР ТУСУРа, д.т.н.;

2. Roy S., Dounavis A. Efficient modeling of power/ground planes using delay-extraction-based transmission lines // IEEE Trans. on Components, Packaging and Manufacturing Technology. – April 21, 2011. – Vol. 1. – P. 761–771.

3. Tan X., Li X.C., Mao J. Time-domain analysis of noise coupling between package and PCB power/ground planes based on WLPFDTD // IEEE Trans. on Components, Packaging and Manufacturing Technology. – January 10, 2017. – Vol. 7. – P. 269–275.

4. Baum C. Norms and Eigenvector norms // Mathematics Notes. – 1979. – Vol. 63.

5. Газизов Т.Р. Уменьшение искажений электрических сигналов в межсоединениях и влияний преднамеренных силовых электромагнитных воздействий: дис. ... д-ра техн. наук. – Томск, 2010. – 357 с.

6. Газизов Р.Р. Методика и алгоритмы для выявления и локализации экстремумов сигнала в многопроводных линиях передачи // Системы управления, связи и безопасности. – 2017. – № 4. – С. 1–14. – Режим доступа: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-04/01-Gazizov.pdf>

УДК 621.3.038

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УЗЛА УПРАВЛЕНИЯ И ВЫЧИСЛЕНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ

А.В. Жечева, инженер НИЛ «БЭМС РЭС»

Научный руководитель М.Е. Комнатнов, доцент каф. ТУ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, zhecheva.av@gmail.com

Разработан узел управления и вычисления в устройстве для измерения эффективности экранирования, отличающийся наличием узла устройства управления и вычисления с использованием быстродействующего микропроцессора с малым энергопотреблением и позволяющий выполнять вычисления ЭЭ на основе S-параметров.

Ключевые слова: эффективность экранирования, печатная плата, электромагнитная совместимость.

Экранирование узлов и блоков радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) позволяет повысить их помехоустойчивость к воздействию внешних и внутренних излучаемых электромагнитных помех. При измерениях эффективности экранирования (ЭЭ) металлических корпусов возникает необходимость в наличии большого количества контрольно-измерительных приборов и безэховой камеры, что является достаточно дорогостоящими средствами измерения. В работе [1] предложено устройство портативного анализатора ЭЭ, основой которого является измерительная линия (ИЛ) с волновым сопротивлением 50 Ом, которая возбуждает корпус сигналом от генератора в диапазоне частот от 100 МГц до 8 ГГц. Данное устройство содержит микро-

контроллер (МК) для вычисления ЭЭ по измеренным S -параметрам. При этом возникает необходимость в быстром обновлении результатов вычисления.

Цель работы – разработать структурную схему узла управления и вычисления для устройства измерения эффективности экранирования.

Для расширения возможностей устройства МК в схеме [1] был заменен узлом управления и вычисления, что позволит выполнять быстросействующие вычисления, подключать дополнительный монитор и персональный компьютер, сохранять данные на съемном носителе, своевременно обновлять программное обеспечение, управлять устройством при помощи многоклавишной клавиатуры.

На рис. 1 представлена структурная схема устройства портативного анализатора ЭЭ, содержащая устройство управления и вычисления (УУВ), блоки электропитания и управления (БЭУ) и индикации и клавиатуры (БИК), генератор (Г), измерительную линию (ИЛ), направленные ответвители (НО), аттенюатор (А), цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), логарифмические усилители (ЛУ), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), жидкокристаллический индикатор (ЖКИ).

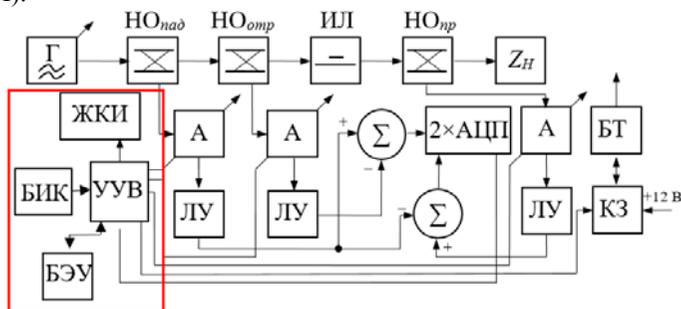


Рис. 1. Структурная схема устройства портативного анализатора ЭЭ (слева выделен разрабатываемый узел)

Структурная схема УУВ портативного анализатора для измерения ЭЭ металлического корпуса с микропроцессором SAM45D44 показана на рис. 2. Устройство имеет расширенный интерфейс пользователя и возможность подключения периферийных устройств. В качестве оперативно запоминающего устройства (ОЗУ) выбраны интегральные схемы (ИС) производителя Micron Technology MT47H128M16 и MT29F4G08ABADA. Для ПЗУ флэш-памяти (NAND) выбрана ИС MT29F4G08 с параллельным интерфейсом, объемом 4 Гбайт. В данной ИС будут храниться операционная система LINUX и все основные настройки и программное обеспечение анализатора ЭЭ. Флэш-

память включает асинхронный интерфейс передачи данных для высокопроизводительных операций ввода-вывода. Эти устройства используют 8-битную шину с высоким мультиплексированием для передачи команд, адресов и данных. Для отладки программного кода на ПП реализован отладчик на 32-разрядном микроконтроллере AT32UC3A4256J. Блок электропитания и управления (БЭУ) содержит интегральную схему ACT8865QI305 производителя Active-Semi.

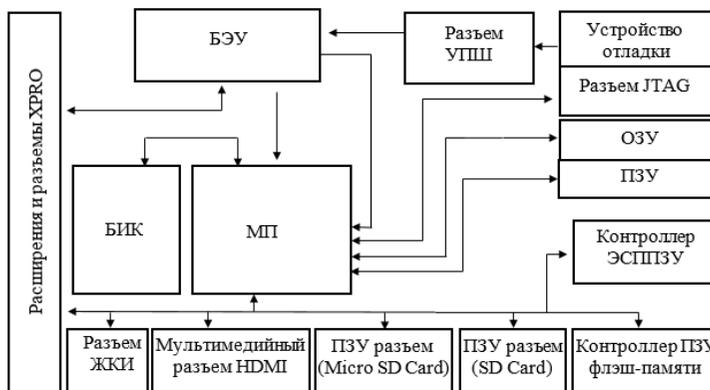


Рис. 2. Структурная схема УУВ портативного анализатора ЭЭ металлического корпуса

УУВ анализатора ЭЭ также оснащено клавиатурой и светодиодной индикацией. Разъем HDMI типа А, подключенный к ИС SIL9022ACUN, через дифференциальную пару 100 Ом, а также для SD и MicroSD карт, отладки JTAG и мультимедии XPRO. Для графического отображения информации выбран 7" ЖКИ, подключенный к ПП через FPC-разъем с 50 выводами.

Таким образом, разработана структурная схема портативного анализатора ЭЭ, отличающаяся наличием узла устройства управления и вычисления с использованием быстродействующего микропроцессора с малым энергопотреблением и позволяющая выполнять вычисления ЭЭ на основе S-параметров и отображать графически частотную зависимость ЭЭ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI57417X0172.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комнатнов М.Е. Анализатор эффективности экранирования корпусом на основе измерителя S-параметров // Тезисы докл. науч.-техн. конф. молодых специалистов «Электронные и электромеханические системы и устройства». – Томск, 12–13 апреля, 2018. – С. 78–80.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 2

ЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

ПОДСЕКЦИЯ 2.6

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

Председатель – Заболоцкий А.М., проф. каф. ТУ, д.т.н.;
зам. председателя – Куксенко С.П., доцент каф. ТУ, к.т.н.

М.А. Ембергенов, Л.Т. Таалайбек

ИССЛЕДОВАНИЕ СХОДИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ
ОПТИМИЗАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА
ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ЭКСТРЕМУМОВ НАПРЯЖЕНИЯ
В ОДИНОЧНОМ ОТРЕЗКЕ МНОГОПРОВОДНОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ.... 11

К.С. Ерёмкина, Т.Ю. Загурская

ВЛИЯНИЕ ГЕОМАГНИТНЫХ ШТОРМОВ
НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ 15

З.М. Кенжегулова, М.В. Рыжова

АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОТРАЖЕНИЯ МОД
ПРИ СОГЛАСОВАНИИ ПО ВЫХОДУ СВЯЗАННОЙ ЛИНИИ
С ПОМОЩЬЮ П- И Т-ОБРАЗНЫХ СХЕМ..... 17

А.В. Медведев, А.О. Губин

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕАНДРОВОЙ ЛИНИИ НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ
С МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ..... 21

Б.С. Мухамбетжанова

ВЫЯВЛЕНИЕ МАКСИМУМОВ N -НОРМ ВДОЛЬ АКТИВНОГО
ПРОВОДНИКА ШИНЫ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ..... 24

А.В. Жечева

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УЗЛА УПРАВЛЕНИЯ
И ВЫЧИСЛЕНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ..... 28

ПОДСЕКЦИЯ 2.7

СВЕТОДИОДЫ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

Председатель – Туев В.И., зав. каф. РЭТЭМ, д.т.н.;
зам. председателя – Вилисов А.А., проф. каф. РЭТЭМ, д.т.н.

И.В. Попов, В.В. Долгова, К.А. Герасимов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО
НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ..... 31