



Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 РАДИОКОНСТРУКТОРСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

 ФАКУЛЬТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

 ФАКУЛЬТЕТ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

 ГУМАНИТАРНЫЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ
БЕЗОПАСНОСТИ

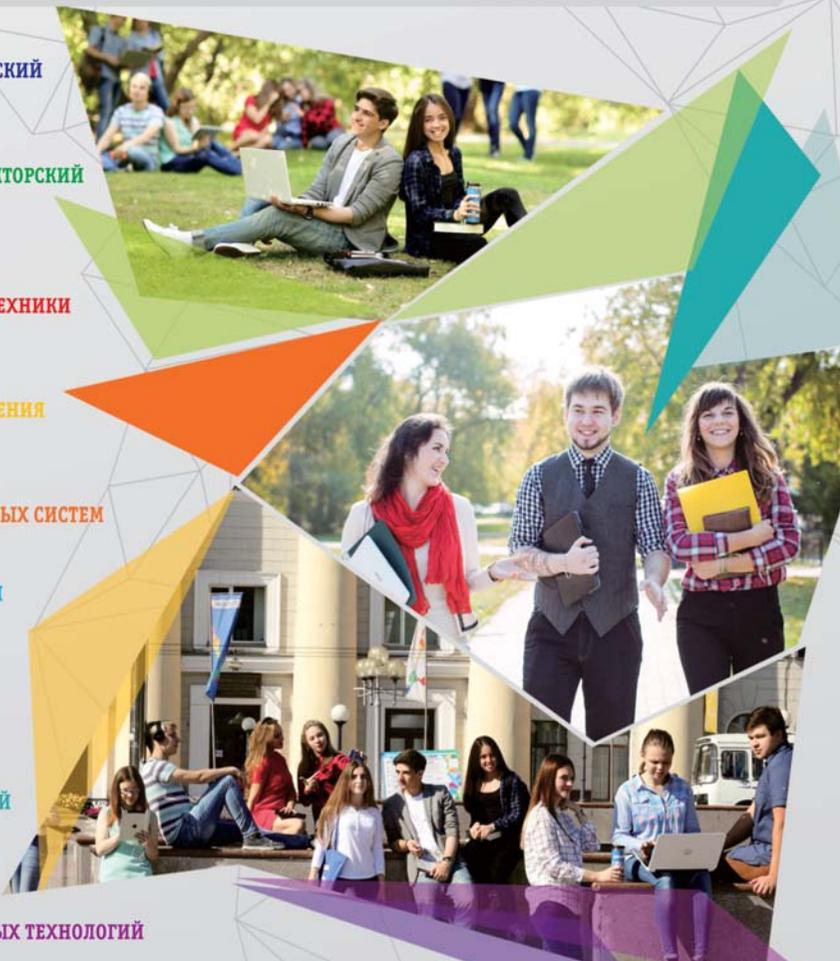
 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ

 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

Сборник избранных статей научной сессии TUSUPa



**ПО МАТЕРИАЛАМ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

«НАУЧНАЯ СЕССИЯ TUSUPa–2019»

г. Томск, 22–24 мая 2019 г.

(в двух частях)

ЧАСТЬ 1

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

Сборник избранных статей научной сессии ТУСУРа

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

22–24 мая 2019 г., г. Томск

В двух частях

Часть 1

В-Спектр
2019

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

С 23

С 23 Сборник избранных статей научной сессии ТУСУРа (Томск, 22–24 мая 2019 г.): в 2 ч. – Томск: В-Спектр, 2019. – Ч. 1. – 320 с.

ISBN 978-5-91191-410-3

ISBN 978-5-91191-411-0 (Ч. 1)

Сборник включает избранные статьи по итогам Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Конференция посвящена 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, нанопотоники, 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 978-5-91191-410-3

ISBN 978-5-91191-411-0 (Ч. 1)

© Том. гос. ун-т систем управления
и радиоэлектроники, 2019

ВЫЯВЛЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЭКСТРЕМУМОВ СИГНАЛА В СИЛОВОЙ ШИНЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Ч.Л. Хомушку, магистрант

*Научный руководитель Р.Р. Газизов, ассистент каф. ТУ
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, ruslangazizow@gmail.com*

Рассматривается выявление и локализация экстремумов сигнала в силовой шине электропитания. Выявлены максимумы напряжения в активном и пассивном проводниках при воздействии сверхкороткого импульса с разными длительностями. В результате моделирования видно, что локализация экстремумов СКИ не постоянна. При укорочении длительности импульса от 3 до 0,03 нс амплитуды сигнала в активном проводнике уменьшаются, а в пассивном – увеличиваются. Наиболее высокие амплитуды наблюдаются в узлах 2 и 3 (до 90 В).

Ключевые слова: моделирование, силовая шина электропитания, сверхкороткий импульс, электромагнитная совместимость.

С развитием радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) выявление и локализация экстремумов сигнала становятся все более актуальными, поскольку их результаты могут быть полезны для обеспечения электромагнитной совместимости, а также для совершенствования защиты от преднамеренных и непреднамеренных сверхкоротких импульсов (СКИ). Это особенно актуально в критичных системах, таких как космические аппараты или самолеты.

Ранее было выполнено моделирование распространения СКИ в форме трапеции вдоль проводников шины печатной платы (ПП) [1]. Затем для моделирования использовались сигналы от источников преднамеренных воздействий, но моделировалась одиночная меандровая линия из двух витков [2]. Далее выполнено моделирование по выявлению и локализации экстремумов СКИ от источников преднамеренных воздействий в шине ПП [3]. Первый проводник шины ПП моделировался как активный, а остальные проводники были пассивными. Также в данной шине ПП крайние проводники моделировались как активные, а остальные – как пассивные [4]. Тем самым имитировался довольно жесткий случай двухстороннего преднамеренного воздействия на центральные проводники. Однако приведенные исследования выполнены для тестовых схем и шины ПП, тогда как для электропитания не выполнялись. Между тем важно выполнить подобное исследование, например для силовой шины электропитания (СШЭП) космического аппарата. Цель работы – выполнить такое исследование.

Исследуемая схема СШЭП представлена на рис. 1. Данная шина разрабатывается в научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» в рамках выполнения проекта по ФЦП для АО «ИСС». Представленная принципиальная схема является одним из первых вариантов, однако достаточно корректна для предварительного исследования. В частности, в ней есть центральный проводник (отрезки линий передачи 9–12), а также сильноточные ответвления на его концах (отрезки 1–8) и слаботочные – в его центре (отрезки 13–16). Использовалась система компьютерного моделирования задач электромагнитной совместимости TALGAT 2017 [5].

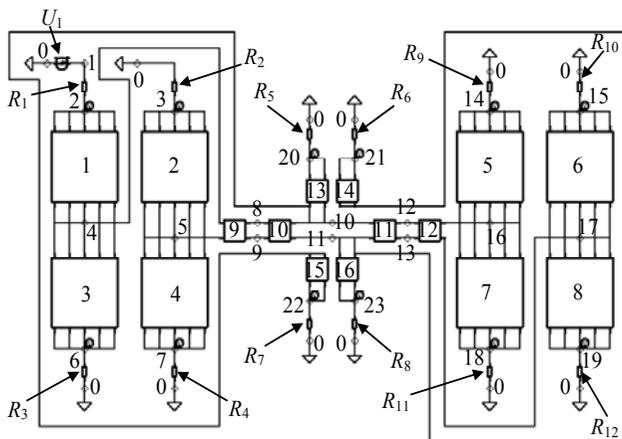


Рис. 1. Принципиальная схема СШЭП

В качестве воздействия взят СКИ в форме трапеции с амплитудой ЭДС 100 В. Рассмотрены три длительности СКИ (3; 0,3; 0,03 нс), для которых формы напряжения показаны на рис. 2, 4 и 6, а их локализации – на рис. 3, 5 и 7.

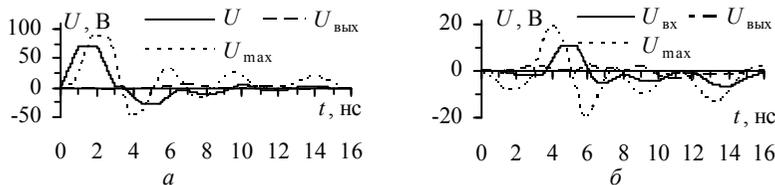


Рис. 2. Формы напряжения в активном (а) и пассивном (б) проводниках при 3 нс

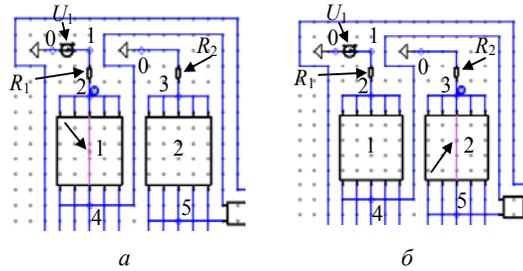


Рис. 3. Локализация максимума напряжения в активном (а) и пассивном (б) проводниках на принципиальной схеме при длительности СКИ 3 нс

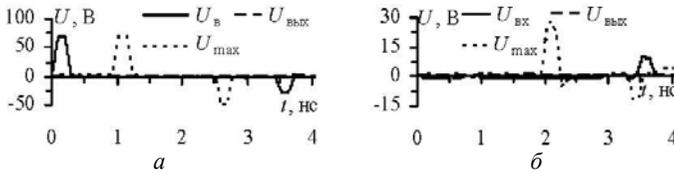


Рис. 4. Формы напряжения в активном (а) и пассивном (б) проводниках при 0,3 нс

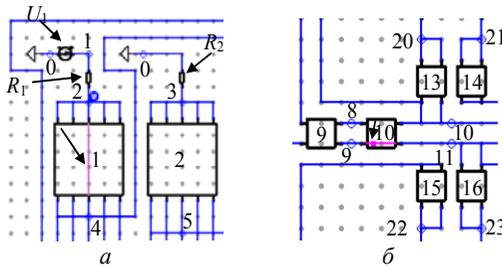


Рис. 5. Локализация максимума напряжения в активном (а) и пассивном (б) проводниках на принципиальной схеме при длительности СКИ 0,3 нс

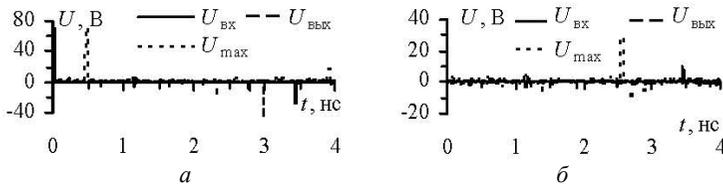


Рис. 6. Формы напряжения в активном (а) и пассивном (б) проводниках при 0,03 нс

При длительности СКИ 3 нс выявлены максимумы напряжения в активном и пассивном проводниках в сегменте 6 и 7 (из 10) линий

передачи 1 и 2, равные 89,64 и 19,31 В. При длительности СКИ 0,3 нс в сегменте 5 и 2 линий передачи 1 и 10 выявлены максимумы напряжения в активном и пассивном проводниках, равные 73,12 и 28,62 В. При длительности СКИ 0,03 нс выявлены максимумы напряжения в активном и пассивном проводниках в сегменте 8 и 10 линий передачи 1 и 11, равные 72,75 и 29,46 В.

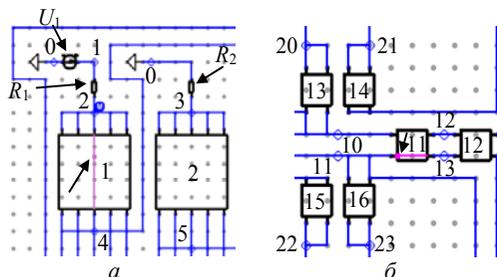


Рис. 7. Локализация максимума напряжения в активном (а) и пассивном (б) проводниках на принципиальной схеме при длительности СКИ 0,03 нс

В результате работы видно, что локализация экстремумов СКИ не постоянна. При укорочении длительности импульса от 3 до 0,03 нс амплитуды сигнала в активном проводнике уменьшаются, а в пассивном – увеличиваются. Наиболее высокие амплитуды наблюдаются в узлах 2 и 3 (до 90 В). Между тем значение данной работы состоит не в количественных результатах, а в подготовке к моделированию синфазного и дифференциального воздействий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту RFMEFI 57417X0172.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газизов Р.Р., Заболоцкий А.М., Орлов П.Е. Локализация максимумов сигнала в многопроводных линиях передачи печатных плат с помощью системы TALGAT // Доклады ТУСУР. – 2015. – № 4(38). – С. 153–156.
2. Хомушку Ч.Л., Квасников А.А., Газизов Р.Р. Выявление и локализация экстремумов СКИ от источников преднамеренных воздействий в микрополосковой меандровой линии из двух витков // Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР–2018», 16–18 мая 2018, Томск: В-Спектр, 2018. – Т. 2. – С. 270–273.
3. Хомушку Ч.Л., Газизов Р.Р. Локализация экстремумов сверхкоротких импульсов от источника преднамеренных воздействий в шине печатной платы космического аппарата // XIV Междунар. науч.-практ. конф. «Электронные средства и системы управления», 28–30 ноября 2018. – Томск, 2018. – Т. 1. – С. 277–280.

<i>А.А. Колегов, А.В. Черникова, Д.В. Сарасеко, К.А. Денисенко</i> СЛОЖЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ВОЛОКОННЫХ ЛАЗЕРОВ С ПОМОЩЬЮ ОПТОВОЛОКОННЫХ СИГНАЛЬНЫХ ОБЪЕДИНИТЕЛЕЙ.....	216
<i>М.Н. Гаппарова, Н.А. Иванченко, А.С. Перин</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОГЕРЕНТНЫХ СВЕТЛЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СОЛИТОНОВ В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ НИОБАТЕ ЛИТИЯ С УЧЕТОМ ВКЛАДА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА.....	219

ПОДСЕКЦИЯ 2.6

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

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

<i>А.М. Артюшкина, А.В. Демаков</i> РАЗРАБОТКА КОАКСИАЛЬНОЙ КАМЕРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	222
<i>К.В. Симонова, Д.С. Бодажков</i> ЧАСТНО-СЕЛЕКТИВНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КВЧ-ДИАПАЗОНА, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ.....	225
<i>Л.К. Болатова</i> АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА ДЛЯ КВАЗИСТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НЕРЕГУЛЯРНОЙ РАЗБАЛАНСИРОВАННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЛИНИИ В ВОЗДУХЕ.....	228
<i>Е.Б. Черникова</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЛАГОЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕРКАЛЬНО-СИММЕТРИЧНОГО МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА.....	232
<i>Рустам Р. Газизов, М.Н. Калинина</i> ВЫЯВЛЕНИЕ ЭКСТРЕМУМОВ СИГНАЛА С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ В ДВУХВИТКОВОЙ МЕАНДРОВОЙ ЛИНИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ЕЕ ПРОВОДНИКАМИ.....	236
<i>Ш.В. Куулар, Р.Р. Хажибеков</i> РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ ПИКОСЕКУНДНОГО ЛОКАТОРА.....	240
<i>Ш.В. Куулар, Р.Р. Хажибеков</i> СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ПИКОСЕКУНДНОГО ЛОКАТОРА.....	244
<i>Ч.Л. Хомушку</i> ВЫЯВЛЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЭКСТРЕМУМОВ СИГНАЛА В СИЛОВОЙ ШИНЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ.....	247

М.В. Храпцов ВЛИЯНИЕ КАСКАДИРОВАНИЯ ПОМЕХОЗАЩИТНЫХ ФИЛЬТРОВ НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ.....	251
А.А. Иванов РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО КОРПУСА МЕТОДОМ МАТРИЦЫ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ.....	255
К.А. Бокова, А.А. Иванов ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ КОРПУСА МУЛЬТИПЛЕКСОРА FOX-515	259
С.Х. Карри, Р.С. Суровцев АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОДЛОЖКИ НА РАССЕЙАНИЕ МОЩНОСТИ СИГНАЛА В МЕАНДРОВОЙ ЛИНИИ.....	262
А.А. Квасников ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СИСТЕМЫ TALGAT	266
И.И. Николаев ВЛИЯНИЕ ДВОЙНОЙ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВОЙ ШИНЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА ЕЁ ПОГОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ	270
М.А. Самойличенко АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ В ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ НА АМПЛИТУДУ ИМПУЛЬСОВ РАЗЛОЖЕНИЯ	273
Л.Т. Таалайбек, М.А. Ембергенов ПОИСК МАКСИМУМА НАПРЯЖЕНИЯ В СВЯЗАННОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ С ПОМОЩЬЮ ЭВОЛЮЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ.....	275
Е.С. Жечев ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЫЧЕК В ОПОРНОМ ПРОВОДНИКЕ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕРКАЛЬНО-СИММЕТРИЧНОГО МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА.....	279

ПОДСЕКЦИЯ 2.7

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

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

А.А. Максименко, Е.С. Ганская, М.В. Андреева ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПАСА СВЕТОДИОДНОГО ИЗЛУЧАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА	282
Д.В. Кожокару, Е.С. Ганская, Е.С. Гайбович МЕТОДЫ ГЕРМЕТИЗАЦИИ СВЕТОДИОДОВ БЕЛОГО ЦВЕТА СВЕЧЕНИЯ	284