



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-2020



МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
13–30 мая 2020 г. (в трех частях)

Часть 1
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–2020

Материалы
Международной научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2020»

13–30 мая 2020 г., г. Томск

В трех частях

Часть 1

В-Спектр
2020

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

Н 34

Н 34 Научная сессия ТУСУР–2020: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13–30 мая 2020 г.: в 3 частях. – Томск: В-Спектр, 2020. – Ч. 1. – 274 с.

ISBN 978-5-91191-437-0

ISBN 978-5-91191-438-7 (Ч. 1)

ISBN 978-5-91191-439-4 (Ч. 2)

ISBN 978-5-91191-440-0 (Ч. 3)

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, 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 978-5-91191-437-0

ISBN 978-5-91191-438-7 (Ч. 1)

© Том. гос. ун-т систем управления
и радиоэлектроники, 2020

И.О. Суховерков	
ИСКРОБЕЗОПАСНЫЕ ЦЕПИ КАК МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ	210
И.О. Суховерков	
ПРИНЦИП РАБОТЫ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СХЕМЫ ОГРАНИЧИТЕЛЬНОГО ШУНТА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПОВЫШЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ.....	213

ПОДСЕКЦИЯ 2.5

ОПТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАНОФОТОНИКА И ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

*Председатель – Шарангович С.Н., проф., зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н.;
зам. председателя – Перин А.С., доцент каф. СВЧиКР, к.т.н.*

Д.К. Романенко, А.В. Сокольников, М.Н. Гаппарова	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА САМОФОКУСИРОВКИ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ ДИФРАКЦИОННОЙ РАСХОДИМОСТИ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ КРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ	216
Е.В. Морозова	
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА В ОДНОМЕРНЫХ И ДВУМЕРНЫХ ПУЧКАХ ЭЙРИ	219
С.Б. Зыль	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В КРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ	222

ПОДСЕКЦИЯ 2.6

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

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

О.М. Кузнецова-Таджибаева	
МОДИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МОДАЛЬНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ	225
А.В. Медведев	
АНАЛИЗ ВРЕМЕННОГО ОТКЛИКА ПЛОСКОГО КАБЕЛЯ С МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ ПРИ РАЗЛИЧНОМ СОЕДИНЕНИИ ОПОРНЫХ ПРОВОДНИКОВ.....	228
Т.А. Шершинева, И.С. Марков, Е.С. Жечев	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ОТ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА.....	231

Научное издание

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2020

**Материалы
Международной научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2020»**

13–30 мая 2020 г., г. Томск

В трех частях

Часть 1

Корректор – **В.Г. Лихачева**
Верстка **В.М. Бочкаревой**

Издательство «В-Спектр».
Сдано на верстку 15.04.2020. Подписано к печати 20.05.2020.
Формат 60×84^{1/16}. Печать трафаретная. Печ. л. 17,1
Тираж 100 экз. Заказ 8.

Издано ТУСУР, г. Томск, пр. Ленина, 40, к. 205, т. 70-15-24
(для нужд всех структурных подразделений университета и авторов)

Издательство «В-Спектр».
634055, г. Томск, пр. Академический, 13-24, т. 49-09-91
E-mail: bvm@sibmail.com

В результате модификации платы часть ее поверхности на сторонах сигнальных проводников освободилась для реализации модального резервирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шарафутдинов В.Р., Газизов Т.Р. Анализ способов резервирования на основе модальной фильтрации // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 3. – С. 117–144.

УДК 621.391.825

АНАЛИЗ ВРЕМЕННОГО ОТКЛИКА ПЛОСКОГО КАБЕЛЯ С МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ ПРИ РАЗЛИЧНОМ СОЕДИНЕНИИ ОПОРНЫХ ПРОВОДНИКОВ

А.В. Медведев, аспирант каф. ТУ

г. Томск, ТУСУР, medart20@rambler.ru

Рассмотрены временные отклики плоского кабеля с модальным резервированием при различном соединении его опорных проводников на воздействие сверхкороткого импульса. Показано различие откликов. Выявлено, что при воздействии сверхкороткого импульса амплитуда напряжения на выходе максимальна без соединения опорных проводников, тогда как в случаях соединения примерно в 1,5 раза меньше.

Ключевые слова: модальное резервирование, плоский кабель, опорный проводник.

Резервирование является одним из способов повышения надежности, позволяющим использовать нефункционирующую часть электронного оборудования в случае неисправности в функционирующей части. Модальное резервирование (МР) – способ резервирования электрических соединений, отличающийся учётом электромагнитных связей между резервируемым и резервным проводниками резервируемой и резервной цепей [1]. Результатом является уменьшение восприимчивости резервируемой цепи к внешним кондуктивным эмиссиям. Например, предложен способ модального резервирования плоских кабелей [2], которые могут быть использованы в устройствах для соединения резервируемых узлов. Однако у этих узлов могут поразному соединяться опорные проводники. Цель работы – выполнить анализ временного отклика плоского кабеля с МР при различном соединении его опорных проводников на воздействие сверхкороткого импульса.

В системе TALGAT [3] построено поперечное сечение, показанное на рис. 1, а, где $w = 65$ мкм, $s = 60$ мкм, $t = 5$ мкм,

$H = 25$ мкм, $h = 5$ мкм, $d = 500$ мкм, $\epsilon_r = 4$. В системе TALGAT получены погонные задержки мод τ_1, τ_2, τ_3 (3,79; 6,52; 6,49 нс/м) для исследуемой структуры. На вход принципиальной схемы, приведенной на рис. 1, б, подается сверхкороткий импульс с ЭДС 2 В и длительностями фронта, плоской вершины и спада по 100 пс. Резисторы $R5$ и $R6$, $R1$ и $R2$ представляют собой окончания резервируемой и резервной цепей соответственно и выбраны равными 50 Ом. Резисторы $R3, R4$ введены в схему для учета гальванической связи, резервной и резервируемой цепей на концах плоского кабеля. Их значения зависят от соединения опорных проводников на концах плоского кабеля. Так, если значение резистора 0,001 Ом, то опорные проводники соединены между собой, а если – 1000 Ом, то они не соединены. В работе рассмотрено 4 случая выбора номиналов резисторов $R3$ и $R4$ (все значения указаны в Ом): 1 – 0,001 и 0,001; 2 – 1000 и 1000; 3 – 0,001 и 1000; 4 – 1000 и 0,001 соответственно.

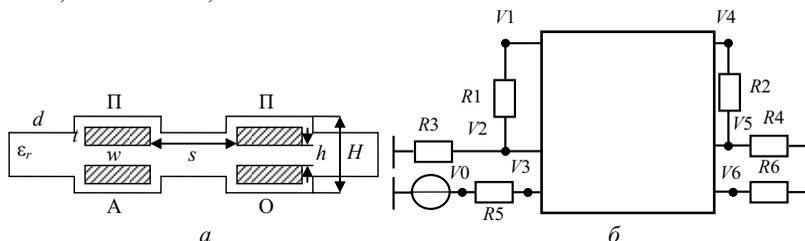


Рис. 1. Поперечное сечение структуры, где проводники: А – активный; О – опорный; П – пассивный (а). Принципиальная схема (б)

На рис. 2 приведены формы напряжения на ближнем (узел $V3$ на рис. 1, б) и дальнем (узел $V6$ на рис. 1, б) концах активного проводника в структуре с МР при различных соединениях опорных проводников. На ближнем конце активного проводника амплитуды напряжения равны 0,986; 1,075; 0,984 и 1,074 В соответственно. На дальнем конце активного проводника амплитуды напряжения первых двух импульсов разложения для четырех случаев равны 0,221 и 0,197, 0,223 и 0,323, 0,223 и 0,179, 0,223 и 0,178 В соответственно. Задержки мод по отклику соответствуют погонным, однако импульсы с задержками τ_2, τ_3 не раскладываются, так как их разность меньше длительности воздействующего импульса, хотя отраженные импульсы $3\tau_2$ и $3\tau_3$ раскладываются и приходят в интервале времени 19–20 нс.

Таким образом, выявлено, что при воздействии сверхкороткого импульса амплитуда напряжения на выходе плоского кабеля с МР максимальна при несоединении опорных проводников между собой, тогда как при их соединении она примерно в 1,5 раза меньше.

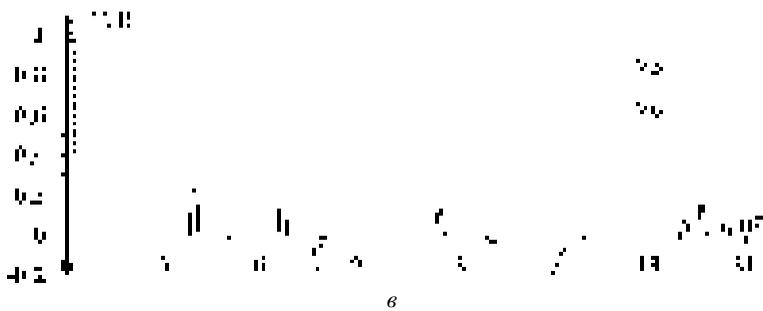
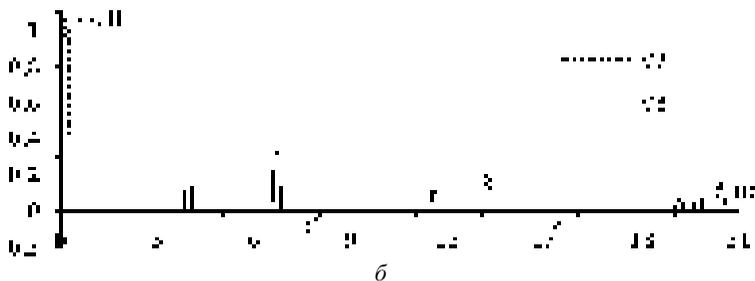
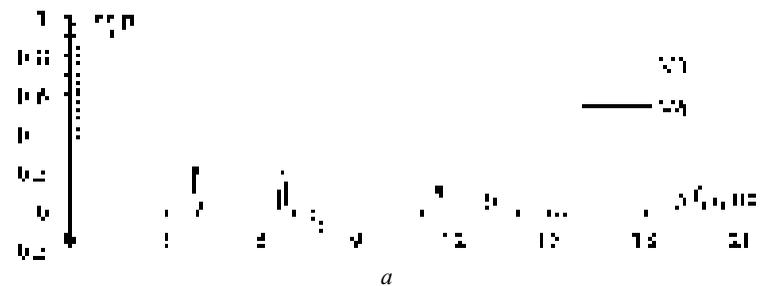


Рис. 2. Формы напряжения на ближнем ($V3$) и дальнем ($V6$) концах активного проводника в структуре с МР при вариантах соединения опорных проводников: 1 (а); 2 (б); 3 (в) и 4 (г)

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-19-00424) в ТУСУРе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шарафутдинов В.Р. Анализ способов резервирования на основе модальной фильтрации / В.Р. Шарафутдинов, Т.Р. Газизов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – С. 117–144.
2. Пат. 2 603 848 РФ, МПК H04B 15/00. Способ резервирования плоских кабелей / Т.Р. Газизов (РФ), П.Е. Орлов (РФ), В.Р. Шарафутдинов (РФ), О.М. Кузнецова-Таджибаева (РФ), А.М. Заболоцкий (РФ), С.П. Куксенко (РФ), Е.Н. Буичкин (РФ). – № 2 015 156 667/07; заявл. 28.12.15, опубл. 10.12.16. Бюл. № 34. – 3 с.
3. Kuksenko S.P. Preliminary results of TUSUR University project for design of spacecraft power distribution network: EMC simulation // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – P. 1–7.

УДК 621.372.21

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ОТ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА

Т.А. Шершинева, И.С. Марков, студенты;

Е.С. Жечев, аспирант каф. ТУ, м.н.с. НИЛ «ФИЭМС»

*Научный руководитель А.М. Заболоцкий, проф. каф. ТУ, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, geopath@mail.ru*

Выполнен сравнительный анализ устройств защиты радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) от сверхкоротких импульсов (СКИ) на основе элементов с распределенными и сосредоточенными параметрами.

Ключевые слова: устройства защиты, микрополосковые фильтры, сверхкороткий импульс, электромагнитная совместимость.

В настоящее время пристальное внимание уделяется вопросам обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). В частности, при работе высоковольтного или высокочастотного передающего оборудования могут возникать сложные переходные процессы, способные генерировать широкополосные кондуктивные помехи. Наиболее опасным видом такого рода помех является сверхкороткий импульс (СКИ), так как он обладает большой амплитудой и широким спектром [1]. Существуют различные виды помехоподавляющих устройств, применяемых для защиты РЭА от помех. Используются фильтры на элементах с сосредоточен-