



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, нанопластики, 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

ПОДСЕКЦИЯ 2.6

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

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

УДК 621.3

МОДИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МОДАЛЬНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ

*О.М. Кузнецова-Таджибаева, вед. инж.-конструктор, к.т.н.
г. Томск, АО «НПЦ «Полюс», ktom75@mail.ru*

Рассматривается проблема одновременного обеспечения надежности и электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры за счет реализации модального резервирования. Для совмещения основной и резервной частей схемы на плате меньшей площади двусторонняя печатная плата преобразована в многослойную. Выявлены возможности многослойной печатной платы для реализации модального резервирования.

Ключевые слова: резервирование, печатная плата, электромагнитная совместимость.

Важной задачей проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) является обеспечение работоспособности с сохранением заданных параметров. Особенно это актуально в комплексах РЭА космических аппаратов (КА), в областях приборостроения, в которых невозможно в кратчайшие сроки обнаружить и устранить неисправность, а также присутствие условий выполнения ремонта. Поэтому широко применяется резервирование схем, которое заключается в размещении в одном объекте нескольких одинаковых печатных узлов. В штатном режиме всегда работает один из таких узлов, но в случае выхода его из строя включается его резервная копия, и устройство продолжает работать и выполнять поставленные задачи. Совместно с обеспечением надежности за счет резервирования часто предъявляются требования к электромагнитной совместимости (ЭМС) за счет простых и дешевых способов. Одним из них, использующим модальное разложение сигнала в связанных линиях, является модальная фильтрация, которую можно применить и при резервировании схем, реализуя модальное резервирование (МР) [1].

Большинство резервируемой РЭА КА содержит печатные узлы, в которых на одном основании размещены две одинаковые части рабочей схемы – основная и резервная (рис. 1), размещенные на одной стороне платы. Цель работы – представить предварительные результаты реализации МР на примере модификации двусторонней печатной платы (ДПП) с обычным резервированием.

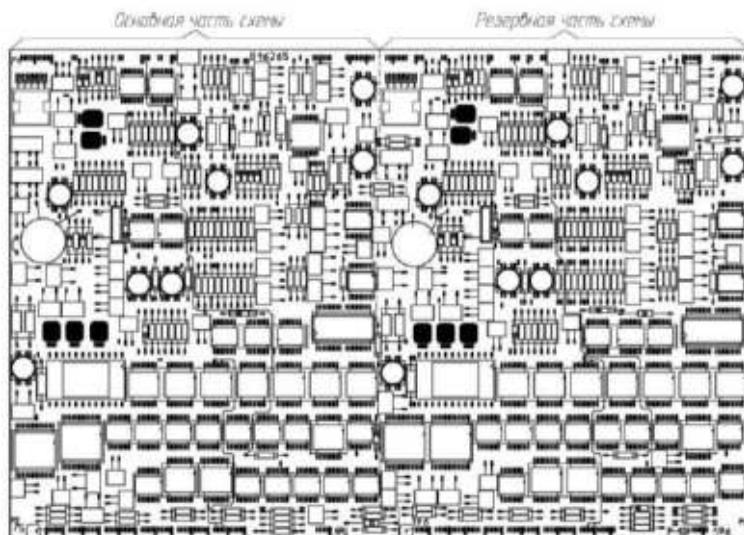


Рис. 1. Печатный узел с основным и резервным каналами

Исходная ДПП прессуется к металлическому основанию, которое является жесткой несущей конструкцией, цепью «корпус», теплоотводом. Цепи питания и общая цепь размещены на тех же двух сторонах ДПП, что и сигнальные цепи (рис. 2, 3).

Прежде всего выполнен перенос цепей земля–питание на отдельные металлизированные слои в виде полигонов, в результате чего ДПП преобразована в многослойную печатную плату (МПП). С внешних слоев печатной платы исключены цепи земля–питание, а трассировка остальных сигнальных проводников сохранена. Цепи питания под основной и резервной частями схемы выполнены отдельными полигонами, цепь земли – единым. Затем выявлены печатные проводники, которые можно расположить иначе, исключив межслойные переходы и уменьшив длину. Поэтому МПП претерпела дополнительные изменения, которые заключаются в уменьшении числа межслойных переходов с 1537 до 1475 и длин проводников, а также увеличены расстояния между печатными проводниками с 0,225 до

0,850 мм. В местах поворота печатных проводников изменен угол с 90 на 45°.



Рис. 2. Печатная плата со стороны TOP

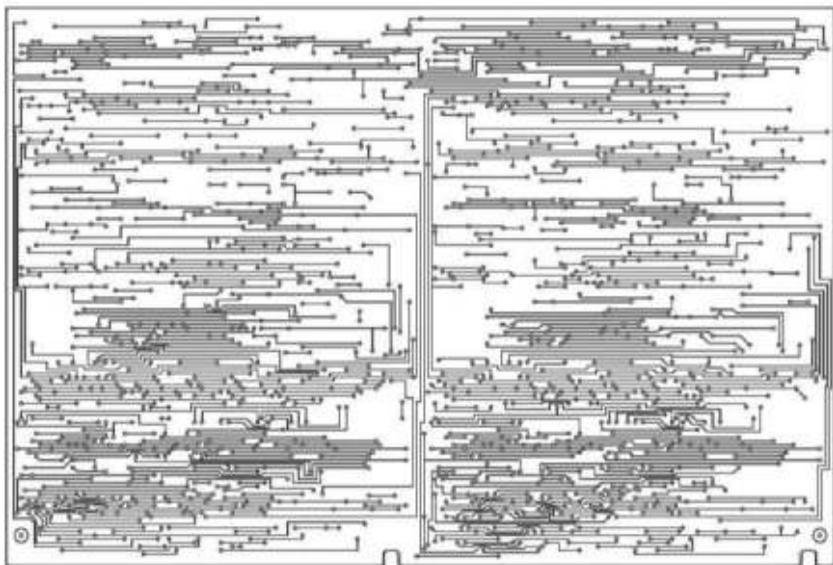


Рис. 3. Печатная плата со стороны BOTTOM

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,