

Международная академия наук высшей школы  
Академия наук высшей школы Российской Федерации  
Сибирская академия наук высшей школы  
Бурятский, Красноярский, Кузбасский, Новосибирский,  
Омский, Томский научные центры САН ВШ  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

# **Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-25-2019)**

25-я всероссийская  
научно-практическая конференция

19 ноября 2019 г.  
г. Томск, Россия

**ДОКЛАДЫ**  
(Материалы конференции)

Томск  
Издательство ТУСУРа  
2019

УДК 553.3/.9+316.344.3[(571.1/.5)(063)  
ББК 20.1+65.04+72(253)  
П77

**Организационный комитет:**

А.А. Шелупанов – президент ТУСУРа (председатель),  
Т.Р. Газизов – профессор ТУСУРа (зам. председателя),  
Ю.А. Шурыгин, А.М. Кориков, Г.П. Литвинцева,  
М.Ю. Катаев, Ю.С. Саркисов  
Отв. редактор – Е.В. Прокопчук

**Природные** и интеллектуальные ресурсы Сибири  
П77 (СИБРЕСУРС-25-2019) : доклады (материалы конференции)  
25-й всероссийской научно-практической конференции,  
Томск, 19 ноября 2019 г. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та  
систем упр. и радиоэлектроники, 2019. – 182 с.  
ISBN 978-5-86889-850-1

Представлены материалы, отражающие результаты научной деятельности вузов Сибирского региона по эффективному использованию и развитию территориальных ресурсов в интересах экономики России.

Для ученых, специалистов, преподавателей, инженеров, аспирантов и студентов вузов и научных учреждений как в России, так и за рубежом.

УДК 553.3/.9+316.344.3[(571.1/.5)(063)  
ББК 20.1+65.04+72(253)

ISBN 978-5-86889-850-1

© Сибирская академия наук  
высшей школы, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Туев В.И.</i> РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПОВ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РОБОТИЗИРОВАННОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СВЕТОВЫХ УСТРОЙСТВ .....	5
<i>Трубченинова И.А.</i> ПРАКТИКА КАК РЕСУРС КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	10
<i>Куксенко С.П.</i> СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ СЕТИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.....	15
<i>Московченко А.Д.</i> МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА. ЭВОЛЮЦИОННОЕ КУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКОЕ «КОЛЕСО». АТОМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО .....	21
<i>Суровцев Р.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ОТ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ НА ОСНОВЕ ПРОСТЫХ ПЕЧАТНЫХ СТРУКТУР.....	36

### СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

#### **Секция 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ЗДОРОВЬЕМ**

<i>Бакайтис В.И.</i> ПИЩЕВЫЕ ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ: ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	43
<i>Баранова И.В.</i> ПРОЕКТНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА .....	47
<i>Васильева Н.С.</i> ПРОАКТИВНЫЙ ПОДХОД К ВЫЯВЛЕНИЮ ПРЕДНАМЕРЕННОГО БАНКРОТСТВА ЭКОНОМИЧЕСКИХ СУБЪЕКТОВ.....	52
<i>Гребенюк Г.И., Вешкин М.С.</i> РАСЧЕТ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ УДАРНЫХ ИМПУЛЬСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ .....	57

*Шабашев В.А., Бахриева Ж.А.*

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В РЕГИОНЕ .....	130
---	-----

## **Секция 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ**

*Белоусов А.О., Черникова Е.Б., Куксенко С.П.*

АСИММЕТРИЯ МАТРИЦ ПОГОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ .....	138
--	-----

*Болатов О.К., Сагиева И.Е.* АДАПТИВНАЯ ПРОГРАММА  
ДЛЯ ТРАНСЛИТЕРАЦИИ .....

143

*Газизов Р.Р., Газизов Т.Т., Калинина М.Н.* ИССЛЕДОВАНИЕ  
МАКСИМУМА НАПРЯЖЕНИЯ ВДОЛЬ С-СЕКЦИИ  
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЕЕ ДЛИНЫ .....

148

*Козлова Т.А.* ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т  
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ В РАЗНЫХ СТРУКТУРНЫХ  
СОСТОЯНИЯХ .....

153

*Малыгин К.П., Носов А.В., Суровцев Р.С.* ФОРМУЛИРОВКА  
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ  
ПО КРИТЕРИЯМ РАЗЛОЖЕНИЯ СВЕРХКОРОТКОГО  
ИМПУЛЬСА В МЕАНДРОВОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ  
ЛИНИИ ИЗ ДВУХ ВИТКОВ .....

158

*Медведев А.В.* ОСЛАБЛЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО  
ИМПУЛЬСА ПОСЛЕ ОТКАЗА ПРИ ТРЕХКРАТНОМ  
МОДАЛЬНОМ РЕЗЕРВИРОВАНИИ .....

162

*Самойличенко М.А., Самойличенко В.В.* АСИММЕТРИЯ  
КАК РЕСУРС СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОДАЛЬНОГО  
ФИЛЬТРА С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ  
В ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ .....

168

*Филатов А.В.* ОПТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ  
КОЭФФИЦИЕНТА СПЕКТРАЛЬНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ  
ЖИДКИХ СРЕД ДЛЯ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....

175

Научное издание  
ПРИРОДНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ  
(СИБРЕСУРС-25-2019)

25-я всероссийская научно-практическая конференция  
19 ноября 2019 г., г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ

Подписано в печать 12.11.2019. Формат 60x84/16.  
Усл. печ. л. 10,7. Тираж 100 экз. Заказ 470.

---

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники.  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.  
Тел. (3822) 533018.

А.В. МЕДВЕДЕВ, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск

## **ОСЛАБЛЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА ПОСЛЕ ОТКАЗА ПРИ ТРЕХКРАТНОМ МОДАЛЬНОМ РЕЗЕРВИРОВАНИИ**

Представлено квазистатическое моделирование распространения сверхкороткого импульса в структуре с трехкратным модальным резервированием на макете печатной платы на основе тракта 50 Ом. Рассмотрены отказы двух типов: короткое замыкание и обрыв / холостой ход. Показано, что чем больше электромагнитная связь между резервируемым и одним из трех проводников с отказом, тем больше отклонение, достигающее 36,5%. Выявлено, что при отказе целесообразно переключение на цепь, электромагнитная связь которой меньше.

При создании необслуживаемой или частично обслуживаемой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), например для космической или авиационной техники, большое внимание уделяется надежности и электромагнитной совместимости (ЭМС). Кондуктивные и излучаемые эмиссии могут приводить к нарушению работы бортовой РЭА. Поэтому необходимо учитывать ЭМС на ранних этапах проектирования [1]. Одним из методов повышения надежности бортовой РЭА является холодное резервирование [2], позволяющее использовать бездействующую часть электронного оборудования в случае неисправности в функционирующей части. Между тем наличие избыточности может быть рационально использовано.

Модальное резервирование (МР) – идея, позволяющая улучшить помехозащиту РЭА на основе модальной фильтрации [3]. При этом используются бездействующие электрические межсоединения для защиты электронных систем от электромагнитных помех. Реализация МР в многослойных печатных платах (ПП) описана в [4, 5]. В [6] рассмотрена эффективность МР в различных типах межсоединений. Однако отказ электронных компонентов не исследовался. Между тем он может влиять на ослабление помех при МР.

Поэтому цель настоящей работы – исследовать трехкратное МР при отказе электронных компонентов. Для ее реализации выполнено квазистатическое моделирование распространения сверхкороткого импульса в структуре с трехкратным МР на макете ПП на основе тракта 50 Ом. Рассмотрены отказы двух типов: короткое замыкание (КЗ) и обрыв / холостой ход (ХХ).

В качестве исследуемой структуры выбран макет ПП с МР на основе тракта 50 Ом [7] (рисунок 1).

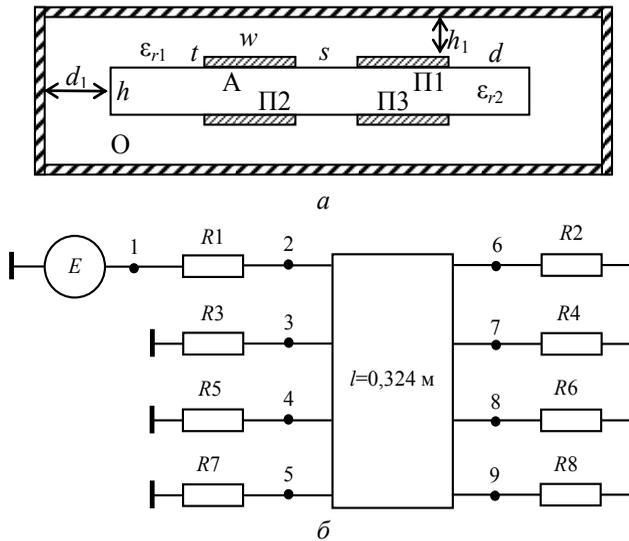


Рисунок 1 – Поперечное сечение (а) и принципиальная схема (б) структуры с трехкратным МР, моделируемой в системе TALGAT

Для моделирования использовалась система компьютерного моделирования TALGAT [8]. Значения параметров поперечного сечения (см. рисунок 1,а): толщина подложки  $h = 130$  мкм, диэлектрическая проницаемость подложки  $\epsilon_{r2} = 10,2$ , расстояние от проводника до опорной плоскости  $h_1 = 600$  мкм, диэлектрическая проницаемость заполнения между проводниками  $\epsilon_{r1} = 4$ , ширина проводника  $w = 185$  мкм, расстояние от торца проводника до торца диэлектрика  $d = 555$  мкм, расстояние от торца проводника до боковой стенки  $d_1 = 740$  мкм, расстояние между проводниками для структуры с трехкратным МР  $s = 315$  мкм.

Для воздействия на исследуемую структуру (см. рисунок 1,б) длиной 0,324 м использовался импульс ЭДС амплитудой 2 В общей длительностью 60 пс.

На рисунке 2 приведены формы напряжения на дальнем конце резервируемого проводника в структуре с трехкратным МР (узел 6 на рисунке 1,б) при различных граничных условиях на одном из концов одного из пассивных проводников (П1, П2 и П3).

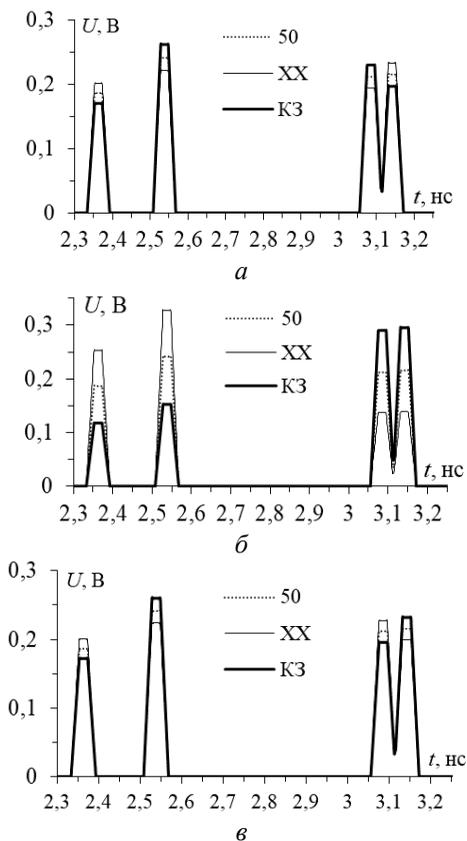


Рисунок 2 – Формы напряжения на дальнем конце активного проводника в структуре с трехкратным МР при различных граничных условиях на конце пассивного проводника П1 (*a*), П2 (*б*), П3 (*в*)

Наблюдается разложение на 4 импульса, амплитуды которых меняются в зависимости от типа отказа. Задержки мод по отклику примерно равны 2,33, 2,5, 3,055 и 3,11 нс.

В рабочем состоянии при резисторах на концах пассивного проводника 50 Ом амплитуды импульсов: 0,187, 0,242, 0,219, 0,216 В. При отказе компонента (КЗ или ХХ) на одном из концов одного из пассивных проводников амплитуды импульсов изменяются (см. рисунок 2). При отказе одного типа на ближнем или дальнем конце пассивного проводника они совпадают. Максимальная амплитуда импульсов при КЗ или ХХ на одном из концов пассивного проводника П1 составляет 2,62 и 2,33 В соответственно, П2 – 2,92 и 3,27 В, ПЗ – 2,6 и 2,27 В. В таблице 1 приведены отклонения амплитуд импульсов при отказе компонента на одном из концов относительно амплитуд цепи в рабочем состоянии. Знак «минус» показывает уменьшение амплитуды.

Таблица 1 – Отклонения (В, %) амплитуд разложенных импульсов при отказе на конце одного из проводников от амплитуд для цепи с трехкратным резервированием в рабочем состоянии

Проводник	Импульс	Отклонения			
		ХХ		КЗ	
		В	%	В	%
П1	1	0,015	8,3	-0,017	-8,6
	2	-0,021	-8,3	0,020	8,6
	3	-0,018	-8,3	0,018	8,6
	4	0,018	8,3	-0,019	-8,6
П2	1	0,066	35,6	-0,07	-36,9
	2	0,086	35,6	-0,089	-36,9
	3	-0,075	-35,6	0,078	36,9
	4	-0,077	-35,6	0,076	36,9
ПЗ	1	0,013	7,4	-0,015	-7,7
	2	-0,018	-7,4	0,018	7,7
	3	0,013	7,4	-0,016	-7,7
	4	-0,016	-7,4	0,016	7,7

Для проводников П1, П2 и П3 максимальные отклонения составляют 8,6, 36,9 и 7,7 % соответственно. Различия обусловлены тем, что между резервируемым и резервным проводником П2 электромагнитные связи сильнее, чем для П1 и П3, и влияние граничных условий на согласование активного проводника более выражено. В таблице 2 приведены отношения половины ЭДС к максимальному напряжению на дальнем конце резервируемой цепи с трехкратным МР при отказе компонента на одном из концов цепи. При этом в рабочем состоянии, когда на концах пассивных проводников резисторы 50 Ом, данное отношение составляет 4,14 раза.

Таблица 2 – Отношение половины ЭДС к максимальному напряжению на дальнем конце цепи с трехкратным МР

Граничные условия на одном из концов пассивного проводника	Отношение половины ЭДС к максимальному напряжению на дальнем конце цепи		
	П1	П2	П3
ХХ	4,32	3,05	4,25
КЗ	3,81	3,38	3,84

В результате моделирования показано, что при отказе помехоустойчивость может значительно изменяться. Чем больше электромагнитная связь между резервным и одним из трех проводников с отказом, тем больше отклонение амплитуды, достигающее 36,5 %. Таким образом, при отказе целесообразно переключение на цепь, электромагнитная связь которой меньше. Однако необходимо более детально исследовать этот вопрос.

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

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Paul C.R. Introduction to Electromagnetic Compatibility. Wiley Interscience, 2006. 1013 p.
2. Patel M.R. Spacecraft Power Systems. CRC Press, 2005. 691 p.
3. New concept of critical infrastructure strengthening / T.R. Gazizov, P.E. Orlov, A.M. Zabolotsky, S.P. Kuksenko // Proc. of the 13th Int. Conf. of Numerical Analysis and Applied Mathematics. Sept. 2015. P. 1–3.

4. Orlov P.E., Buichkin E., Gazizov T.R. Method of assembling multi-layer printed circuit boards for circuits with reservation // Proc. of the EDM 2016 Erlagol. 2016. P. 155–158.

5. Method for assembling a multilayer circuit board for triple-reserved circuits / P.E. Orlov, E. Buichkin, A. Belousov, T.R. Gazizov // Proc. of the XIII Int. Siberian Conf. on Control and Communications, Astana, Kazakhstan, June 29–30. 2017. P. 1–4.

6. Orlov P.E., Gazizov T.R., Buichkin E. Evaluation of efficiency of modal filtration in different types of redundant electrical connections // Proc. of the XII Int. Siberian Conf. on Control and Communications, Moscow, Russia, May 12–14. 2016. P. 1–3.

7. Orlov P.E., Gazizov T.R., Sharafutdinov V.R. Optimization of stack parameters of a multi-layer printed circuit board for circuits with redundancy by genetic algorithm // Proc. 2017 IEEE 2017 Int. multi-conf. on eng., comp. and inform. sciences. 2017. P. 495–500.

8. New developments for improved simulation of interconnects based on method of moments / S.P. Kuksenko, T.R. Gazizov, A.M. Zabolotsky [et al.] // Advances in Intelligent Systems Research (ISSN 1951-6851), proc. of the 2015 Int. Conf. on Modelling, Simulation and Applied Mathematics (MSAM2015), Phuket, Thailand, August 23–24. 2015. P. 293–301.

A.V. Medvedev

### **Using triple modal reservation for ultrashort pulse attenuation after failure**

The paper considers a quasistatic analysis of the ultrashort pulse propagation was performed in structure with triple MR on the prototype printed circuit board based on the path of 50 Ohm. The faults of two types were considered: a short circuit and an open circuit. The analysis showed that the greater the electromagnetic coupling between the standby and one of the three conductors with failure, the greater the deviation, which reaches 36.5 %. It was revealed that in case of failure, it is advisable to switch to a circuit whose electromagnetic coupling is less.

medart20@rambler.ru