



# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов  
XVII Международной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых

РОССИЯ, ТОМСК, 21 – 24 апреля 2020 г.

**Том 7. IT - технологии и электроника**

# PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Abstracts  
XVII International Conference of Students  
and Young Scientists

RUSSIA, TOMSK, April 21 – 24, 2020

**Volume 7. IT - technologies and Electronics**



Национальный  
исследовательский  
Томский  
государственный  
университет



MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

# **PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT**

Abstracts

XVII International Conference of students, graduate students  
and young scientists

**April 21–24, 2020**

**Russia, Tomsk**

**Volume 7. Information Technologies and Electronics**

Tomsk

Tomsk State University Publishing House  
control system and radioelectronics

2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК**

Сборник научных трудов  
XVII Международной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых

**21–24 апреля 2020 г.**

**Россия, Томск**

**Том 7. IT-технологии и электроника**

Томск  
Издательство Томского государственного университета  
систем управления и радиоэлектроники  
2020

УДК 501:004 (063)  
ББК 72:32.81л0  
П27

*Редакционная коллегия:*

И. А. Курзина, доктор физико-математических наук, доцент;  
Г. А. Воронова, кандидат химических наук, доцент;  
С. А. Поробова

**Перспективы развития фундаментальных наук** : сборник научных трудов XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 21–24 апреля 2020 г., Россия, Томск. В 7 т. Т. 7. IT-технологии и электроника / Нац. исслед. Том. политехн. ун-т, Нац. исслед. Том. гос. ун-т, Том. гос. архитектурно-строит. ун-т, Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, Том. нац. исслед. мед. центр РАН ; под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2020. – 143, [3] с.

ISBN 978-5-86889-871-6 (т. 7)

ISBN 978-5-86889-864-8

Сборник содержит труды участников XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук», представленные на секции «IT-технологии и электроника».

Для студентов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей, специализирующихся в области интеллектуальных систем управления, автоматизированных систем обработки информации и управления, информационной безопасности, наноэлектроники, получения и исследования наноматериалов, оптоэлектроники и нанофотоники, плазменной эмиссионной электроники, интеллектуальной силовой электроники, СВЧ-электроники, систем радиолокации, телевидения, радиосвязи, радиометрии и распространения волн радиочастотного и акустического диапазонов, а также импульсных и радиочастотных измерениях.

УДК 501:004 (063)  
ББК 72:32.81л0

Научное издание  
**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК**  
Сборник научных трудов XVII Международной конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых

Подписано в печать 15.06.20. Формат 60x84/8.

Усл. печ. л. 16,97. Тираж 100. Заказ 129.

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

ISBN 978-5-86889-871-6 (т. 7)  
ISBN 978-5-86889-864-8

**СОДЕРЖАНИЕ**

ANALYSIS AND DIAGNOSIS OF CYSTIC FIBROSIS OF THE LUNGS WITH IMPROVED DEEP LEARNING TECHNIQUES N.J. Francis, N.S. Francis, M. Saqib	8
BRONCHOPULMONARY SEGMENTATION OF THE LUNGS BY USING TERNARY NET WEIGHTS IN MASK-R NEURAL NETWORK N.S. Francis, N.J. Francis, M. Saqib	11
ДВУХДИАПАЗОННАЯ АНТЕННА ДИПОЛЬНОГО ТИПА С КОНЦЕВЫМ ПИТАНИЕМ С.А. Алексейцев	14
COMPARISON OF QUASISTATIC AND ELECTRODYNAMIC ESTIMATIONS OF THE RADIATED EMISSION FROM TWO COUPLED WIRES OVER A GROUND PLANE Alhaj hasan Adnan	17
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК FLIP-CHIP СВЕТОДИОДОВ Н.К. Афанасьев, А.А. Томашевич	20
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА КОМБИНАЦИЕЙ АЛГОРИТМОВ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОИСКА И ПРЫГАЮЩИХ ЛЯГУШЕК М.Б. Бардамова	23
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ, ИНДУЦИРОВАННЫХ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КАНАЛЬНЫХ ВОЛНОВОДОВ В ПОВЕРХНОСТНО ЛЕГИРОВАННОМ КРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ А.Д. Безпальный	26
РАСПОЗНАВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ МЕТОДОМ ВИОЛЫ-ДЖОНСА С.И. Беляев	29
ШИРОКОАПЕРТУРНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ НА ОСНОВЕ ИОННО-ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ С ВЫВОДОМ ПУЧКА В АТМОСФЕРУ С.Ю. Дорошкевич	32
МЕХАНИЗМЫ ЗАЩИТЫ ОТ УГРОЗ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ А.С. Дыхова, Д.Ю. Попова, А.К. Новохрестов	35
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ НС ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПОРОШКАХ НЕЛИНЕЙНЫХ КРИСТАЛЛОВ СКАНДОБОРАТОВ А.Я. Жамус, Д.М. Ежов, А.А. Горевячева	38
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ N-НОРМ ДЛЯ АНАЛИЗА УСТРОЙСТВА С ОДНОКРАТНЫМ МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ А.В. Жечева, Е.С. Жечев	41
ПАРАМЕТРЫ ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМЫ, СОЗДАВАЕМОЙ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕПРЕРЫВНОГО ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ В ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ СРЕДНЕГО ВАКУУМА А.А. Зенин, Е.М. Сорокина	44
АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ А.А. Иванов, А.В. Демаков	47
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕИДЕАЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ УЗЛОВ ВХОДНОГО БЛОКА ИЗМЕРИТЕЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ М.А. Канина	50
СБОР ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНО ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ РАДИОСИСТЕМЫ М.М. Кануж	53
ПОТЕНЦИАЛ ИЗОЛИРОВАННОЙ МИШЕНИ, ОБЛУЧАЕМОЙ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В СРЕДНЕМ ВАКУУМЕ, ПРИ НАЛИЧИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА ВБЛИЗИ МИШЕНИ К.И. Карпов, Д.Б. Золотухин	56

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ЖАЛОБ ПАЦИЕНТОВ ИЗ ДОКУМЕНТА «ОСМОТР ЛЕЧАЩИМ ВРАЧОМ» <b>Е.В. Кашеева</b>	59
ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АРХИТЕКТУР ДЛЯ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ЕГО ПОДПИСИ <b>А.А. Коновалов, Б.С. Лодонова, Я.А. Усольцев</b>	62
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ФОРМЫ СТОПЫ ЧЕЛОВЕКА ПО ВИДЕОПОТОКУ <b>А.В. Куртукова, Л.С. Шилов, А.М. Федотова</b>	65
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ОТЗЫВОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ <b>Н.С. Мамеев</b>	68
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ECLIPSE THEIA ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ЯЗЫКА REFLEX <b>К.В. Марченко</b>	71
ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ $Al_2O_3$ -Ti КОМПОЗИТА НА ВОЗМОЖНОСТЬ СПЕКАНИЯ ЕГО ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ МЕТОДОМ В ФОРВАКУУМЕ <b>Г.Ф. Марчук, В.Т. Чан</b>	74
АНАЛИЗ ЗАДЕРЖЕК ИМПУЛЬСОВ РАЗЛОЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ КАБЕЛЬ – ПЛАТА С МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ <b>А.В. Медведев</b>	78
АВТОМАТИЗАЦИЯ СОЗДАНИЯ ОТЧЕТОВ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕКЛАМНЫХ КАМПАНИЙ <b>М.Г. Москалев</b>	81
КОРПОРАТИВНЫЙ ШЛЮЗ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЕРВЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ <b>Д.А. Овчинников</b>	84
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАЗМЫ, ГЕНЕРИРУЕМОЙ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В ФОРВАКУУМНОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ <b>А.В. Казаков, А.В. Медовник, Н.А. Панченко</b>	87
ЦИФРОВАЯ ЛОГИСТИКА В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ <b>Ю.В. Парфентьев</b>	90
ЧЕТЫРЕХЛУЧЕВАЯ ФАР С ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ КОНЦЕВОГО ТИПА <b>Ю.Н. Паршин</b>	93
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОТДЕЛА КАДРОВ УНИВЕРСИТЕТА ПАТТИМУРЫ, АМБОН - ИНДОНЕЗИЯ <b>В.Э. Паттираджаване</b>	96
СИСТЕМА ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПОРТФОЛИО НА ОСНОВЕ ЗАГРУЖЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ <b>Ф.Д. Пираков</b>	99
ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАГРЕВА $Al_2O_3$ -Ti КОМПОЗИТА НА ОДНОРОДНОСТЬ ЕГО СПЕКАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОРВАКУУМНОГО ПЛАЗМЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ИСТОЧНИКА <b>А.А. Поддубнов, А.Е. Петров, В.Т. Чан</b>	102
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПО ИХ ОТНОШЕНИЮ К АСПЕКТАМ ПРОДУКТА <b>К.Ю. Попова</b>	105
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УСТАНОВКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ В КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ <b>В.И. Пустынников</b>	108
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНТРАГИРОВАННОГО ДУГОВОГО РАЗРЯДА В ФОРВАКУУМНОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ <b>А.В. Казаков, С.Е. Разумов, Н.А. Панченко</b>	111

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИИ ДИФРАКЦИОННОЙ РАСХОДИМОСТИ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ КРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ <b>Д.К. Романенко, М.Н. Гаппарова, А.В. Сокольников</b>	114
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННОГО ОТКЛИКА НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА ДВУХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫХ МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ В ВЫРЕЗЕ ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ <b>М.А. Самойличенко, А.М. Заблоцкий</b>	117
ТРАНСЛЯЦИЯ СПЕЦИФИКАЦИЙ С ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА В СЕМАНТИЧЕСКИЙ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ЯЗЫК D0SL <b>Д.Р. Серов</b>	120
ИЗМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ УГРОЗ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕНЕНИЯМИ 17 ПРИКАЗА ФСТЭК <b>М.В. Солодков</b>	123
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ЛОПАСТНЫХ ИЗДЕЛИЙ <b>К.И. Хан, М.А. Кажмаганбетова</b>	126
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОДЛОЖКИ НА ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПОЛОСКОВОГО МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА <b>Е.Б. Черникова, А.А. Квасников</b>	129
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ БАРЬЕРНЫХ КОНТАКТОВ К АРСЕНИДУ ГАЛЛИЯ <b>А.Н. Шалев, О.Н. Минин</b>	132
ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОНОВ С ПЛАЗМЕННЫМ КАТОДОМ ПУТЕМ ОТКЛОНЕНИЯ ПУЧКА ВЕДУЩИМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ <b>В.И. Шин, П.В. Москвин, С.Ю. Дорошкевич</b>	135
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГРОЗ ИНФОРМАЦИИ И ЕЕ НОСИТЕЛЯМ <b>С.И. Штыренко</b>	138
ОЦЕНКА РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПО РАСПОЗНАВАНИЮ НОТ <b>А.Ю. Якимук</b>	141

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ N-НОРМ ДЛЯ АНАЛИЗА УСТРОЙСТВА С ОДНОКРАТНЫМ  
МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ**

А.В. Жечева, Е.С. Жечев

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Т.Р. Газизов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: [zhechev75@gmail.com](mailto:zhechev75@gmail.com)

**USING N-NORMS FOR ANALYSIS OF A DEVICE WITH SINGLE MODAL RESERVATION**

A.V. Zhecheva, Y.S. Zhechev

Scientific Supervisor: Prof., Doctor of Science in Engineering T.R. Gazizov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin ave., 40, 634050

E-mail: [zhechev75@gmail.com](mailto:zhechev75@gmail.com)

***Abstract.** The article presents the results of N-norm calculations for a device with a single modal reservation. Using a quasi-static approach, we obtained a time response at the far end of the reserved and reserving conductors. The results show that the probability of failure of the reserving equipment is lower than that of the reserved equipment.*

**Введение.** Для повышения надежности критической радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) применяют резервирование. За счет введения избыточности достигается максимальная отказоустойчивость. По уровню нагрузки резерва выделяют горячее, теплое и холодное резервирования. Последний тип получил наибольшее распространение ввиду простоты реализации. Модальное резервирование (МР) является перспективной разновидностью холодного резервирования [1, 2]. Основная её идея заключается в расположении основной и резервной частей печатной платы (ПП) таким образом, чтобы между их проводниками образовывалась сильная электромагнитная связь. Вследствие этого, появляется возможность использования модальных искажений для борьбы с кондуктивными помехами малой длительности. На рис. 1 приведена принципиальная схема обобщенной линии передачи с однократным МР. За счет различных фазовых скоростей составляющие сверхкороткого импульса (СКИ) распространяются с разными задержками. Это приводит к разложению входного воздействия на последовательность импульсов меньшей амплитуды. В случае однократного резервирования на дальнем конце резервируемого проводника образуются два однополярных импульса, а резервирующего – два разнополярных импульса. Таким образом, при достаточно большой амплитуде и малой длительности СКИ могут оказаться под угрозой компоненты, оканчивающие не только резервируемую (R3), но и резервирующую (R4) линию передачи. Между тем, в известных работах по МР оценка этой угрозы не проводилась. Цель данной работы – на примере однократного МР микрополосковой линии передачи (МПЛ) выявить и сравнить критичность импульсов различной полярности, используя N-нормы.

**Подходы, методы и конструкция.** В качестве метода моделирования использован квазистатический подход, основанный на методе моментов [3]. Предполагается, что в линии передачи распространяется только поперечная Т-волна. Моделирование проводилось с учетом потерь в

проводниках и диэлектрике. В узел  $V1$  подавался трапецевидный импульс со следующими параметрами: время нарастания  $t_r$ , спада  $t_f$  и плоской вершины  $t_d$  по 100 пс, амплитуда 2 В. В согласованном случае в узле  $V2$  наблюдается импульс схожей формы, но амплитудой 1 В. Анализировались формы напряжения на дальнем конце резервируемого ( $V4$ ) и резервирующего ( $V5$ ) проводников.

Для анализа критичности однополярных и разнополярных импульсов использованы  $N$ -нормы [4]. Они позволяют оценить степень влияния мощного импульса на электронное оборудование и компоненты. В табл. 1 приведены анализируемые нормы и их характеристики.

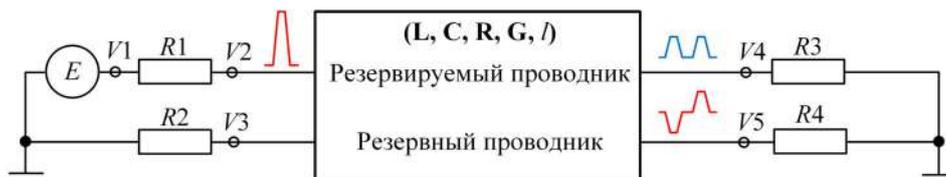


Рис. 1. Принципиальная схема обобщенной линии передачи с однократным МР

Таблица 1

$N$ -нормы и их характеристики

№	1	2	3	4	5
Формула	$N_1 =  R(t) _{\max}$	$N_2 = \left  \frac{\partial R(t)}{\partial t} \right _{\max}$	$N_3 = \left  \int_0^t R(t) dt \right _{\max}$	$N_4 = \int_0^{\infty}  R(t)  dt$	$N_5 = \left\{ \int_0^{\infty}  R(t) ^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}}$
Название	Пиковое (абсолютное) значение	Пиковая (абсолютная) производная	Пиковый (абсолютный) импульс	Выпрямленный общий импульс	Квадратный корень интеграла действия
Применение	Сбой схемы / электрический пробой / дуговые эффекты	Искрение компонента / сбой схемы	Диэлектрический пробой (если $R$ обозначает поле $E$ )	Повреждение оборудования	Выгорание компонента

Поперечное сечение МПЛ с однократным МР изображено на рис. 2. Резервирующий проводник располагается рядом с резервируемым для обеспечения сильной электромагнитной связи. Для выполнения условий разложения и согласования источника с линией передачи выбраны следующие геометрические параметры: ширина проводника  $w = 0,85$  мм, разнос  $s = 0,2$  мм, высота проводников  $t = 0,035$  мм, высота подложки  $h = 0,5$  мм, длина  $l = 1$  м. Относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_r = 4,5$  и тангенс угла диэлектрических потерь подложки  $\text{tg}\delta = 0,025$  приведены для частоты 1 МГц. Сопротивления  $R1, R2, R3, R4$  равны 50 Ом.



Рис. 2. Поперечное сечение МПЛ с однократным МР

**Результаты.** На рис. 3 представлены формы напряжения в узлах  $V2$ ,  $V4$ ,  $V5$ . В табл. 2 сведены вычисленные нормы для  $V4$ ,  $V5$ .

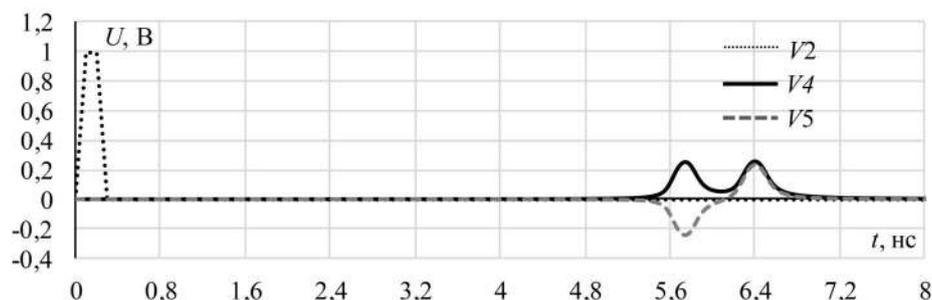


Рис. 3. Результаты моделирования во временной области устройства с однократным МР

Таблица 2

*N*-нормы для узлов  $V4$ ,  $V5$

№	1	2	3	4	5
$V4$	0,255684	1,4545e9	19,3189e-11	2,0528e-10	5,3221e-06
$V5$	0,233561	1,4366e9	7,51722e-11	1,5237e-10	4,7841e-06
Отклонение, разы	1,094	1,012	2,57	1,347	1,112

Наблюдается, что СКИ разложился на два импульса одинаковой амплитуды и полярности на дальнем конце резервируемого проводника. На дальний конец резервирующего проводника пришли два импульса разной полярности. Квазистатический анализ показал, что значения вычисленных норм в узле  $V5$  меньше, чем в узле  $V4$ . Наибольшее отклонение наблюдается у третьей и четвертой норм. Предварительно, можно заключить, что в случае воздействия на компонент импульсов разной полярности вероятность диэлектрического пробоя и повреждения оборудования ниже.

**Заключение.** Таким образом, впервые проведен анализ норм напряжения в конце резервируемой и резервирующей МПЛ с однократным МР. Выявлено, что, учитывая воздействие, вероятность выхода из строя резервного оборудования ниже. Между тем неучтенным остается факт отсутствия питающего напряжения в резервирующей цепи. Поэтому целесообразно проведение дополнительных вычислительных и натурных экспериментов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарафутдинов В.Р., Газизов Т.Р. Анализ способов резервирования на основе модальной фильтрации // Системы управления, связи и безопасности – 2019. – № 3. – С. 117–144.
2. Газизов Т.Р., Орлов П.Е., Заболоцкий А.М., Буичкин Е.Н. Новый способ трассировки печатных проводников цепей с резервированием // Доклады ТУСУРа. – 2015. – № 3. – С. 129–131.
3. Заболоцкий А.М. Модели, алгоритмы, методики, технологии и устройства для обеспечения электромагнитной совместимости бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата. Дисс. ... доктора. техн. наук. – Томск, 2016. – 481 с.
4. Baum C. Norms and Eigenvector norms // Mathematics Notes. – 1979. – Vol. 63.