

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-26-2020)

26-я международная
научно-практическая конференция

24 ноября 2020 г.
г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ
(Материалы конференции)

Томск
Издательство ТУСУРа
2020

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-26-2020) : доклады (материалы конференции)
26-й международной научно-практической конференции,
Томск, 24 ноября 2020 г. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та
систем упр. и радиоэлектроники, 2020. – 144 с.

ISBN 978-5-86889-

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-

© Сибирская академия наук
высшей школы, 2020

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Е. С. ВАРЗИН, магистрант каф. ТУ, ТУСУР, Томск
Р. С. СУРОВЦЕВ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. каф. ТУ,
ТУСУР, Томск
А. В. НОСОВ, канд. техн. наук, ассистент каф. ТУ,
ТУСУР, Томск

УМЕНЬШЕНИЕ ГАБАРИТОВ ЗАЩИТНОЙ МЕАНДРОВОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ

Продемонстрирована возможность уменьшения габаритов защитной меандровой линии (с $1500 \times 3,7$ до 73×75 мм) с сохранением защитных свойств. Проанализировано влияние параметров поперечного сечения линии на форму и амплитуду выходного сигнала.

Актуальной задачей электромагнитной совместимости (ЭМС) является защита радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) от сверхкоротких импульсов (СКИ). Однако существующие традиционные устройства часто неспособны обеспечить должную защиту от СКИ в силу своих недостатков [1, 2]. В этой связи примечательны исследования, в которых показано, что в меандровой микрополосковой линии (МПЛ) из одного и двух витков возможно разложение СКИ на последовательность импульсов меньшей амплитуды [3].

При проектировании меандровой МПЛ с реальными геометрическими параметрами длина устройства может быть достаточно велика, поэтому зачастую такое устройство невозможно реализовать на печатной плате. В этой связи необходимо уменьшать габариты меандровой МПЛ с сохранением ее защитных свойств, что возможно за счет сворачивания меандровой МПЛ с сильной электромагнитной связью в меандр со слабой связью между его витками (далее эти витки будут называться неосновными). Однако для этого необходим детальный анализ влияния изменения параметров линии на ее защитные свойства. Цель работы – выполнить такой анализ.

Для достижения цели сначала рассмотрим две линии с одинаковыми параметрами поперечного сечения витка: один виток меандровой линии и виток меандровой линии, свернутый в

меандр со слабой связью (для простоты эти линии будем называть первой и второй соответственно). Исходные параметры поперечного сечения каждой линии (рисунки 1,а, 2,а) следующие: $w_i = 300$ мкм, $s = 100$ мкм, $t = 35$ мкм, $h = 508$ мкм, $\epsilon_r = 10$. Общая длина каждой линии вдоль одного проводника $l = 1500$ мм. Вторая линия свернута в 20 витков так, что длина витка со слабой связью $l = 75$ мм (рисунки 1,б, 2,б).

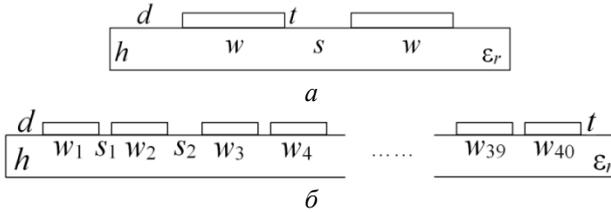


Рисунок 1 – Поперечное сечение первой (а) и второй (б) линий

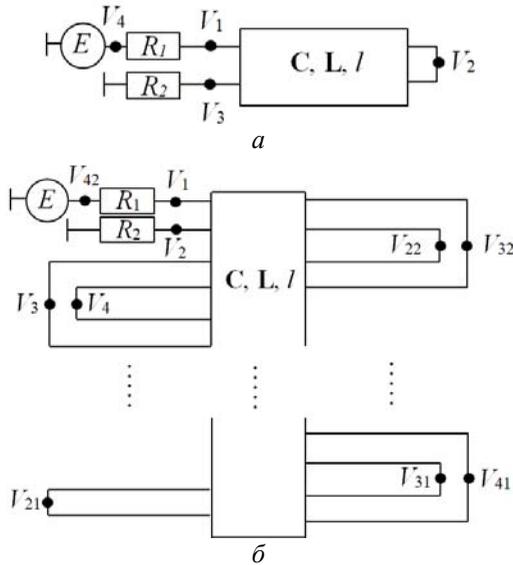


Рисунок 2 – Схема соединений первой (а) и второй (б) линий

Рассмотрим влияние расстояния ($s_2 = 3w$, $6w$ и $10w$) между неосновными витками на форму выходного сигнала второй ли-

нии. На рисунке 3 представлена форма сигнала на выходе первой и второй линий при разных s_2 .

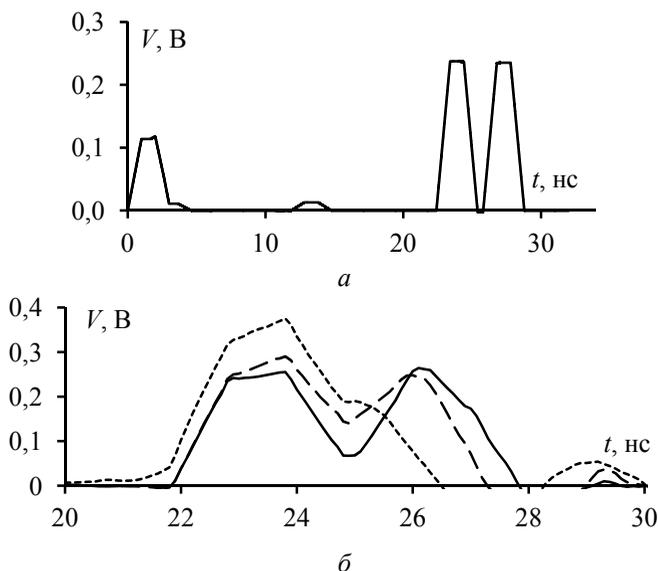


Рисунок 3 – Формы сигнала на выходе первой (а) и второй (б) линий при $s_2=3w$ (- -), $6w$ (- · -) и $10w$ (—)

Из рисунка 3,б видно, что при $s_2 = 3w$ импульсы не раскладываются полностью из-за влияния неосновных витков друг на друга. Однако при увеличении s_2 до $10w$ импульсы мод раскладываются, а амплитуда уменьшается. Также из рисунка 3 видно, что форма импульсов мод на выходе второй линии практически совпадает с их формой на выходе первой. Максимальная амплитуда импульсов на выходе первой линии составляет 0,237 В, а второй – 0,264 В. Дополнительно выполнен анализ влияния изменения параметров второй линии на форму сигнала на ее выходе. На рисунке 4 представлена форма сигнала на выходе второй линии при изменении w от 50 до 300 мкм.

Видно, что при увеличении w импульсы постепенно раскладываются, а их амплитуда уменьшается. На рисунке 5 представлена форма сигнала на выходе второй линии при изменении s_1 и t .

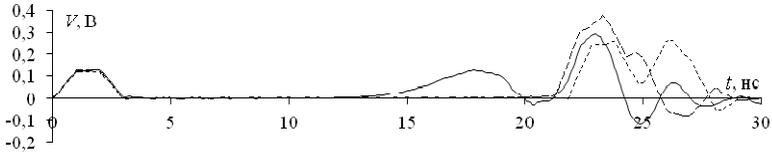


Рисунок 4 – Форма сигнала на выходе второй линии при $w=50$ (—), 150 (---) и 300 (- -) мкм

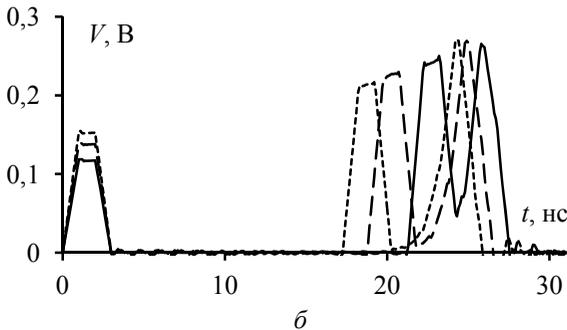
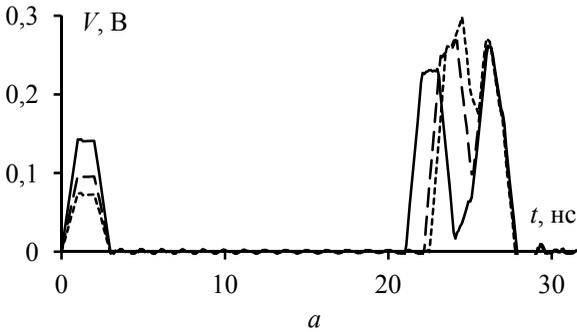


Рисунок 5 – Форма сигнала на выходе второй линии:
a – при $s_1=50$ (—), 150 (---) и 250 (- -) мкм;
б – при $t=50$ (—), 150 (---) и 250 (- -) мкм

Кривые на рисунке показывают, что при увеличении s_1 уменьшается амплитуда перекрестной наводки, а амплитуда и задержка нечетной моды увеличиваются. При увеличении t уменьшаются задержки четной и нечетной мод, амплитуда нечетной моды уменьшается, а четной моды и наводки увеличива-

ется. На рисунке 6 представлена форма сигнала на выходе второй линии при изменении h и ϵ_r .

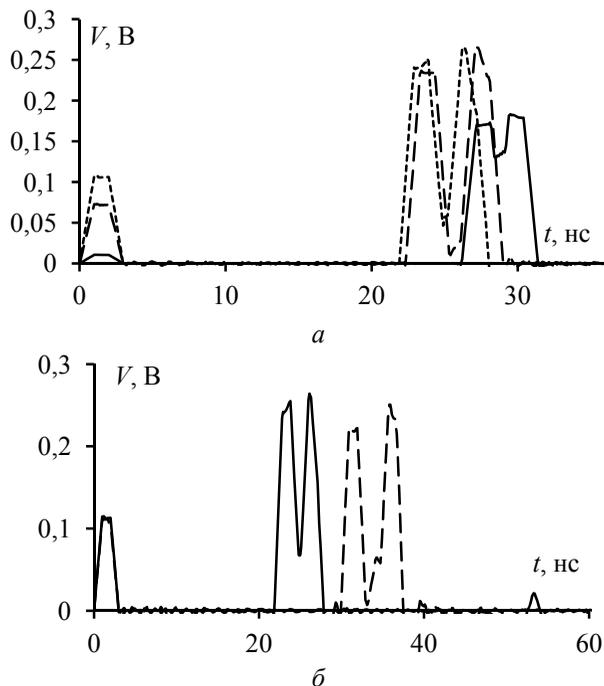


Рисунок 6 – Форма сигнала на выходе второй линии:

a – при $h=50$ (—), 250 (— —) и 450 мкм (- -);
 b – при $\epsilon_r=10$ (—), 20 (— —), 30 (- -) и 40 (- · -)

Видно, что при увеличении h уменьшаются задержки мод и увеличивается амплитуда всех импульсов, а при увеличении ϵ_r увеличиваются задержки мод.

Таким образом, возможно уменьшение габаритов защитной меандровой линии (с $1500 \times 3,7$ до 73×75 мм) с сохранением её защитных свойств, что подтверждает анализ влияния параметров поперечного сечения линии на форму и амплитуду выходного сигнала.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ
 в рамках научного проекта №19-79-10162.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Gizatullin, Z. M., Gizatullin R. M. Investigation of the immunity of computer equipment to the power-line electromagnetic interference // Journal of Communications Technology and Electronics. 2016. No 5. P. 546–550.

2. Response of telecom protection to three IEC waveforms / M. A. Messier, K. S. Smith, W. A. Radasky, M. J. Madrid // Proc. of the 15th Int. Zurich Symp. on EMC, Zurich, Switzerland, Feb. 18–20, 2003. P. 127–132.

3. Носов, А. В. Совершенствование защиты радиоэлектронной аппаратуры от сверхкоротких импульсов за счет меандровых линий задержки: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.04 / Носов Александр Вячеславович. Томск, 2018. 185 с.

E. S. Varzin, R. S. Surovtsev, A. V. Nosov

Reduction the dimensions of the protective meander microstrip line

The possibility of reduction the dimensions of the protective meander line (from 1500x3.7 to 73x75 mm) with the saving of the protective properties is demonstrated. The influence of the cross-section parameters of the line on the waveform and amplitude of the output signal is analyzed.

woodoo2013@gmail.com
surovtsevrs@gmail.com
alexns2094@gmail.com

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Бакайтис В. И.</i> ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ СИБИРИ	5
<i>Московченко А. Д.</i> АТОМНАЯ И ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ АВТОТРОФНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МИРЕ	10
<i>Трубченинова И. А.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА КАЧЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ	17

СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

Секция 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

<i>Алланина Л. М.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ ПРАВА	23
<i>Жабина Н. А., Михалейко Б. А., Чихирева В. В.</i> ОСОБЕННОСТИ МЕЖПОПУЛЯЦИОННЫХ РИЗОСФЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В СИСТЕМЕ «РАСТЕНИЯ – ДОЖДЕВЫЕ ЧЕРВИ – МИКРООРГАНИЗМЫ»	26
<i>Картопольцев В. М., Сипкин В. В., Картопольцев А. В.</i> СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ – ЗАЛОГ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ СВАРНЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ	30
<i>Катаев М. Ю., Bulysheva L. A., ЛОСЕВА Н. В., LI DA XU</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ИСПОЛНЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ	35
<i>Катаев М. Ю., Bulyshev A. E.</i> ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ	44
<i>Колева Г. Ю.</i> ВЫЖИВАНИЕ КАК ПОИСК ТВОРЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ	52
<i>Марков Н. Г., Маслов К. А., Токарева О. С.</i> СЕМАНТИЧЕСКАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ КРОН ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ НА СНИМКАХ С БПЛА	56

<i>Мицель А. А., Алимханова А. Н.</i> ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ	61
<i>Саркисов Ю. С., Горленко Н. П.</i> ХИМИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ	65
<i>Селезнева Е. В., Геращенко А. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В АГРАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	69
<i>Солдаткин В. С., Михальченко Т. С., Шардина А. О., Юлдашова Л.Ш.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ДИОДОВ	73
<i>Солдаткин В. С., Шнайдер Е. В., Стасенко Ю. И.</i> СВЕТСИГНАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕЧНОГО И МОРСКОГО ФЛОТА РФ С ФУНКЦИЕЙ РЕТРАНСЛЯЦИИ СИГНАЛОВ ДЛЯ СЕТИ ИНТЕРНЕТ	77
<i>Орлова В. В., Лобода Ю. О., Кочетков О. В., Глухарева С. В., Ноздреватых Д. О., Рекундаль О. И., Пикалова Л. Р.</i> МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВУЗА С ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТИ	81
Секция 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ	
<i>Иноземцев М. А.</i> ОБЗОР МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ ГЕОРАДАРОВ	87
<i>Варзин Е. С., Суровцев Р. С., Носов А. В.</i> УМЕНЬШЕНИЕ ГАБАРИТОВ ЗАЩИТНОЙ МЕАНДРОВОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ	91
<i>Власова Н. О., Белоусов А. О.</i> ПОЛНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В ЧЕТЫРЕХПРОВОДНЫХ МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРАХ С КРУГОВОЙ СИММЕТРИЕЙ	97
<i>Квасников А. А., Куксенко С. П.</i> ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ СЛАУ ПРИ АНАЛИЗЕ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ МЕТОДОМ МОМЕНТОВ	103
<i>Клюкин Д. В., Куксенко С. П.</i> ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОГОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	107

<i>Максимов А. Е., Куксенко С. П.</i> АДАПТИВНЫЙ ИТЕРАЦИОННЫЙ ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ МЕТОДОМ МОМЕНТОВ	112
<i>Ромашов И. П., Медведев А. В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРЯДКА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ЦЕПЕЙ ПОСЛЕ ОТКАЗОВ ТИПОВОЙ СТРУКТУРЫ С ТРЕХКРАТНЫМ МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ	117
<i>Сагиева И. Е.</i> МИКРОПОЛОСКОВАЯ ЛИНИЯ С ЗАЗЕМЛЕННЫМ ПРОВОДНИКОМ СВЕРХУ, ЗАЩИЩАЮЩАЯ ОТ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ	123
<i>Самойличенко М. А.</i> ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ АКТИВНОГО И ПАССИВНОГО ПРОВОДНИКОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИММЕТРИЧНОГО МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ В ВЫРЕЗЕ ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ ...	127
<i>Хасан А. Алхадж, Газизов Т. Р.</i> ВЛИЯНИЕ СЕГМЕНТАЦИИ И СОГЛАСОВАНИЯ НА ТОК В СВЯЗАННЫХ ПРОВОДАХ	134

Научное издание
ПРИРОДНЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ
(СИБРЕСУРС-26-2020)

26-я международная научно-практическая конференция
24 ноября 2020 г., г. Томск, Россия

ДОКЛАДЫ

Подписано в печать 00.12.2020. Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 8,14. Тираж 80 экз. Заказ 000.

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