

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
--	-----

<i>Болатов О.К., Сагиева И.Е.</i> АДАПТИВНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ТРАНСЛИТЕРАЦИИ .....	143
--	-----

<i>Газизов Р.Р., Газизов Т.Т., Калинина М.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МАКСИМУМА НАПРЯЖЕНИЯ ВДОЛЬ С-СЕКЦИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЕЕ ДЛИНЫ .....	148
--	-----

<i>Козлова Т.А.</i> ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т ПРИ РАСТЯЖЕНИИ В РАЗНЫХ СТРУКТУРНЫХ СОСТОЯНИЯХ .....	153
--	-----

<i>Малыгин К.П., Носов А.В., Суворцев Р.С.</i> ФОРМУЛИРОВКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ПО КРИТЕРИЯМ РАЗЛОЖЕНИЯ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА В МЕАНДРОВОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ИЗ ДВУХ ВИТКОВ .....	158
--	-----

<i>Медведев А.В.</i> ОСЛАБЛЕНИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА ПОСЛЕ ОТКАЗА ПРИ ТРЕХКРАТНОМ МОДАЛЬНОМ РЕЗЕРВИРОВАНИИ .....	162
---	-----

<i>Самойличенко М.А., Самойличенко В.В.</i> АСИММЕТРИЯ КАК РЕСУРС СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ В ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ .....	168
---	-----

<i>Филатов А.В.</i> 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.

## Секция 2

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

---

УДК 621.391.825

А.О. БЕЛОУСОВ, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск

Е.Б. ЧЕРНИКОВА, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск

С.П. КУКСЕНКО, доцент каф. ТУ, ТУСУР, Томск

### АСИММЕТРИЯ МАТРИЦ ПОГОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ

Выполнена оценка влияния асимметрии матриц погонных параметров многопроводной линии передачи, вычисленных методом моментов, на форму напряжения в конце линии. На примере трех сложных линий передачи показано, что влияние асимметрии матриц несущественно.

Непрерывно растущая сложность современных радиоэлектронных средств (РЭС) приводит к обострению проблемы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС), поэтому надлежащее проектирование РЭС становится невозможным без тщательного моделирования [1]. К основным элементам любого РЭС относятся различные линии передачи, как правило, многопроводные (МПЛП). Помимо основного назначения, линии передачи могут использоваться для защиты РЭС от кондуктивных помех [2].

На этапе моделирования МПЛП в ходе вычисления матриц ее погонных параметров ( $\mathbf{L}$ ,  $\mathbf{C}$ ,  $\mathbf{R}$  и  $\mathbf{G}$ ) методом моментов выявлено, что из-за погрешностей самого метода и округления чисел значения внедиагональных элементов могут отличаться, причем с удалением от главной диагонали это различие возрастает. По теории такие матрицы должны быть симметричны. В работе [2] при моделировании линии передачи с реализацией пассивного проводника в вырезе опорной плоскости показано, что сегментация, особенно на торцах проводников, влияет на результаты вычисления матриц  $\mathbf{L}$  и  $\mathbf{C}$ . Между тем представляет интерес

исследование влияния сегментации на расчет сложных МПЛП. Цель данной работы – выполнить такое исследование.

Для достижения цели построены геометрические модели поперечных сечений МПЛП (рисунок 1). На рисунке обозначено:  $w$  и  $t$  – ширина и толщина проводников,  $s$  – расстояние между проводниками,  $h$  – толщина диэлектрика,  $\epsilon_{r1}$ ,  $\epsilon_{r2}$  – относительные диэлектрические проницаемости,  $r_1$  – радиус проводников,  $r_2$  – радиус внутреннего диэлектрического слоя,  $r_3$  – радиус внешнего диэлектрического слоя.

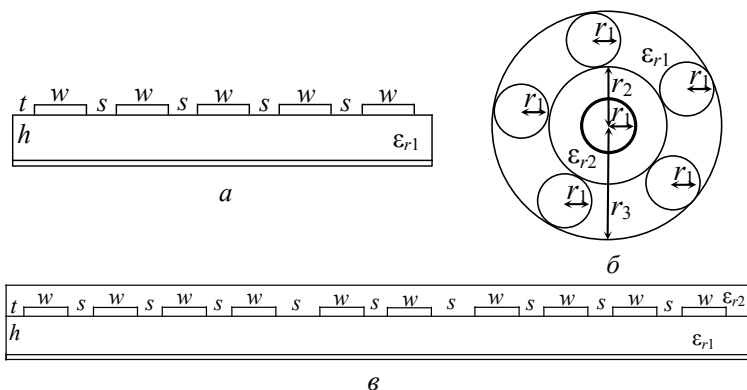


Рисунок 1 – Поперечные сечения линий передачи:  
 $a$  – 5-проводной микрополосковой;  $б$  – 5-проводной  
с круговым сечением;  $в$  – 10-проводной микрополосковой  
с покрывающим диэлектриком

Вычисления выполнялись в системе TALGAT [3]. При учете потерь в проводниках и диэлектриках использовались модели и методики, представленные в [4]. Асимметрия оценивалась по выражению  $|X_A - X_C|/|X_C| \cdot 100\%$ , где  $X_A$  и  $X_C$  – элементы асимметричной (исходной) и симметрированной матриц соответственно. Полученные максимальные значения для матриц погонных параметров при учащении сетки представлены в таблице 1, а при изменении расстояния между проводниками МПЛП – в таблице 2.

Из таблицы 1 видно, что учащение сетки сказывается по-разному для всех рассмотренных МПЛП. При наличии в структуре покрывающего слоя асимметрия матриц больше. Однако

асимметрия матрицы **C** невелика и составляет не более 7 % для 10-проводной МПЛП с покрывающим диэлектриком, в то время как для остальных структур она не превышает 0,74 %. Между тем наименьшее значение асимметрии достигается в матрицах **L** и **R** (до 0,02 %).

Таблица 1 – Асимметрия матриц погонных параметров МПЛП при изменении числа сегментов

Число сегментов	<b>C</b> , %	<b>L</b> , %	<b>R</b> , %	<b>G</b> , %
5-проводная структура (число сегментов на торцах)				
1	0,056967	8,22907e-006	1,05795e-005	3,5579
3	0,135803	8,18991e-006	1,02956e-005	4,4906
5	0,149433	8,20314e-006	1,02766e-005	4,7017
7	0,154152	8,2091e-006	1,02692e-005	4,7845
10-проводная структура без покрывающего диэлектрика (число сегментов на торцах)				
1	0,040365	7,17364e-006	1,22711e-005	1,43199
3	0,686243	1,79896e-005	1,88659e-005	15,1475
5	0,716243	1,82463e-005	1,8865e-005	15,8665
7	0,734718	1,83494e-005	1,88593e-005	16,1542
10-проводная структура с покрывающим диэлектриком (число сегментов на торцах)				
1	6,77067	9,43829e-005	5,14857e-005	13,7604
3	6,91447	6,3098e-005	5,02885e-005	13,0291
5	6,97655	6,06925e-005	5,34395e-005	12,9613
7	7,01451	6,16032e-005	5,47532e-005	12,9771
5-проводная структура с круговым сечением (общее число сегментов)				
10	5,44463	5,71433e-005	0,0183074	0,4384
30	0,29360	1,84197e-007	0,00194855	57,491
90	1,75624	4,52872e-007	0,000349026	64,819
150	1,30612	3,22365e-007	0,000243344	51,514
200	1,01251	2,14841e-007	0,000187494	35,086
300	0,55094	1,16765e-007	0,000181883	17,469

Также отметим, что наибольшее значение асимметрии (65 %) наблюдается в матрице **G**. Из таблицы 2 видно, что на асимметрию также оказывает влияние геометрия МПЛП. Вре-



менной отклик на выходе МПЛП, показанной на рисунке 1,в, при воздействии трапецевидного импульса общей длительностью 150 нс на нагрузку 50 Ом представлен на рисунке 2.

Таблица 2 – Асимметрия матриц погонных параметров МПЛП при изменении расстояния между проводниками

s, мкм	C, %	L, %	R, %	G, %
5-проводная структура при одном сегменте на торцах проводников				
1	1,63594	4,21766e-006	4,30287e-006	145,349
400	0,05046	6,98395e-006	9,66866e-006	2,34846
800	0,01177	2,66182e-006	5,10127e-006	0,27482
2000	0,06139	2,45774e-006	1,89692e-006	1,11682
5-проводная структура при семи сегментах на торцах проводников				
1	1,69367	1,51354e-006	1,88527e-006	83,955
400	0,10258	7,12043e-006	9,47494e-006	2,9520
800	0,04108	2,91685e-006	5,14066e-006	0,0819
2000	0,09645	2,46006e-006	1,89449e-006	2,1124

Из рисунка 2 видно, что увеличение количества сегментов на торцах проводников оказывает существенное влияние на результирующую форму сигнала. Можно отметить различие задержек выходных импульсных сигналов и даже их отличия по амплитуде. Тем не менее выходные формы напряжения при использовании симметризованных и асимметричных (исходных) матриц полностью совпадают.

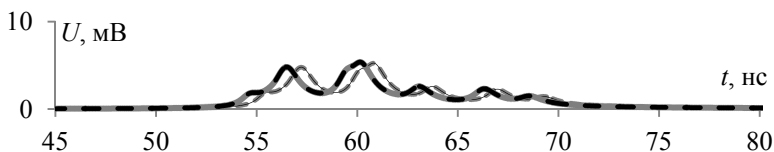


Рисунок 2 – Формы напряжений на выходе МПЛП (см. рисунок 1,в) при одном сегменте на торцах проводников с симметризованными (---) и асимметричными (—) матрицами; семи сегментах с симметризованными (—) и асимметричными (---) матрицами

Таким образом, различие значений внедиагональных элементов может возрастать не только с удалением от главной диагонали, но и при изменении геометрических размеров структуры. Однако использование асимметричных матриц погонных параметров при анализе сложных МПЛП может не влиять на форму выходного напряжения. Тем не менее контроль асимметрии целесообразен.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта  
Президента Российской Федерации МД-2652.2019.9.*

#### *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. Samoylichenko M.A., Gazizov T.R. Effect of close coupling on performance of a modal filter with the passive conductor in the reference plane cutout // Journal of physics: conference series. 2019. P. 1–6 (принята к публикации).

3. Kuksenko S.P. Preliminary results of TUSUR University project for design of spacecraft power distribution network: EMC simulation // Journal of physics: conference series. 2019. P. 1–7. doi: 10.1088/1757-899X/560/1/012110.

4. Belousov A.O., Gazizov T.R. Simulation of the time response in multiconductor microstrip modal filters with separate accounting for losses in conductors and dielectrics // Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT–2018), Moscow, Russia, March 14–16, 2018. P. 1–5. DOI: 10.1109/MWENT.2018.8337216.

A.O. Belousov, E.B. Chernikova, S.P. Kuksenko

#### **The asymmetry of per-unit-length parameters matrices of multiconductor transmission lines**

The influence of the per-unit-length parameters matrices asymmetry of a multiconductor transmission line calculated by the method of moments on the voltage waveform at the end of the line is estimated. Using three complex transmission lines as an example, it is shown that the influence of matrix asymmetry is negligible.

chernikova96@mail.ru