

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

А. Алхадж ХАСАН, аспирант каф. ТУ, ТУСУР, Томск,
Т. Р. ГАЗИЗОВ, гл. науч. сотр., ТУСУР, Томск,
чл.-кор. САН ВШ

ВЛИЯНИЕ СЕГМЕНТАЦИИ И СОГЛАСОВАНИЯ НА ТОК В СВЯЗАННЫХ ПРОВОДАХ

Выполнено электродинамическое и квазистатическое моделирование распределения тока в двух связанных проводах над плоскостью земли. Рассмотрены модули тока в первом сегменте провода и источнике, в согласованных и рассогласованных структурах, а также распределение тока вдоль проводников в зависимости от сегментации. Получена приемлемая сопоставимость результатов.

Создание схем с модальным резервированием (МР) с учетом уровня излучаемой эмиссии от них важно для обеспечения электромагнитной совместимости и повышения надежности критичных систем [1]. Предложен алгоритм оценки излучаемой эмиссии от цепей с МР на основе квазистатического анализа [2]. Применение этого алгоритма дает приемлемое совпадение с результатами электродинамического анализа для распределения тока и диаграммы направленности двухпроводной тестовой структуры. Однако работа алгоритма при изменении параметров моделирования и структуры почти не рассматривалась. Между тем это важно для исследования МР. Цель данной работы – тестирование предлагаемого алгоритма в части влияния сегментации и согласования линии передачи на ток в проводниках.

В качестве исследуемой структуры рассмотрены два связанных провода над плоскостью земли. Поперечное сечение и принципиальная схема структуры изображены на рисунке 1. Для моделирования использовалась система компьютерного моделирования TALGAT [3]. Длина каждого провода $L = 0,3$ м, радиус $R = 50$ мкм. Разнос проводов $S = 250$ мкм. Провода расположены на расстоянии $H = 50$ мкм от плоскости земли. Окружающая среда представляет собой открытое воздушное пространство, а провода предполагаются без потерь.

В качестве возбуждения на входе активного проводника использовался источник гармонического воздействия с амплитудой ЭДС $E=1$ В и частотой 500 МГц. Сначала была вычислена матрица погонных коэффициентов электростатической индукции

$$C = \begin{bmatrix} 42,648 & -3,56317 \\ -3,56317 & 42,648 \end{bmatrix} \text{ пФ/м.}$$

При этом увеличивалось число сегментов на границах поперечного сечения проводников от 20 до 70, вплоть до сходимости.

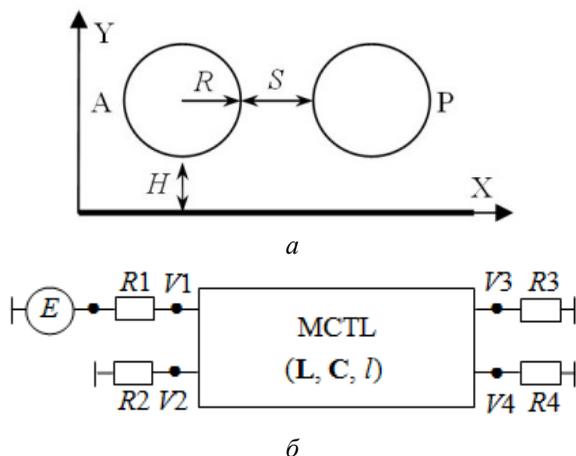


Рисунок 1 – Поперечное сечение (а) и принципиальная схема (б) исследуемой структуры

Затем исследовалось влияние числа сегментов и согласования на ток в проводниках. Число сегментов на каждом проводе ($n1$) менялось от 1 до 1280. Рассматривались 2 случая, условно называемые согласованным и рассогласованным. В первом $R1 = R2 = R3 = R4 = 78,4876$ Ом, что соответствует среднему геометрическому волновых сопротивлений четной и нечетной мод связанной линии передачи. Второй случай предполагает короткое замыкание на входе и разомкнутую цепь на выходе ($R1 = 10^{-8}$ Ом, $R2 = R3 = R4 = 10^6$ Ом). Сравнивались значения

тока в источнике и в первом (ближайшем к нему) сегменте (таблица 1, рисунок 2).

Таблица 1 – Модули тока (мА) в первом сегменте и источнике

$n1$	Рассогласованный случай		Согласованный случай	
	Первый сегмент	Источник	Первый сегмент	Источник
1	12,6968	0,0276326	6,39278	6,37043
5	6,32846	0,0276326	6,37599	6,37043
10	3,55301	0,0276326	6,37218	6,37043
20	1,86635	0,0276326	6,37091	6,37043
40	0,945067	0,0276326	6,37055	6,37043
80	0,46507	0,0276326	6,37046	6,37043
160	0,220301	0,0276326	6,37044	6,37043
320	0,096738	0,0276326	6,37043	6,37043
640	0,034671	0,0276326	6,37043	6,37043
1280	0,00368369	0,0276326	6,37043	6,37043

Результаты показывают, что в согласованном случае токи в первом сегменте и источнике почти не отличаются даже при грубой сегментации. Однако в рассогласованном случае ток в первом сегменте сильно отличается от тока источника, приближается к нему с ростом $n1$, но еще не сходится даже при $n1=1280$.

Для рассогласованной структуры с теми же параметрами изменялось число сегментов от 10 до 1280 для каждого провода и получено распределение тока в проводах с помощью предложенного алгоритма и электродинамического анализа (таблица 2). Эквивалентная структура моделировалась посредством электродинамического анализа путем замены бесконечной земли двумя зеркальными проводами. Источник гармонического воздействия с $E = 2$ В подключался между активным проводником и его зеркальным отображением. Как видно из данных таблицы 2, предложенный алгоритм по сравнению с электродинамическим анализом дал достаточно близкие модули тока в активном проводе, но значительно меньшие в пассивном проводе. Причину этого предстоит выяснить.

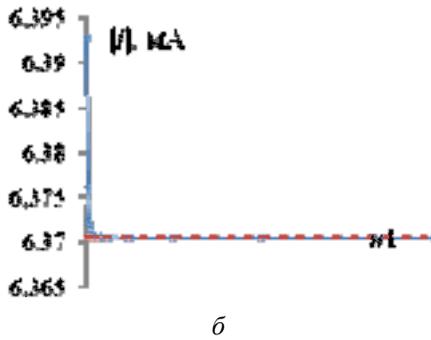
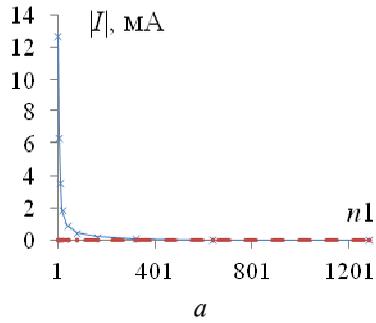
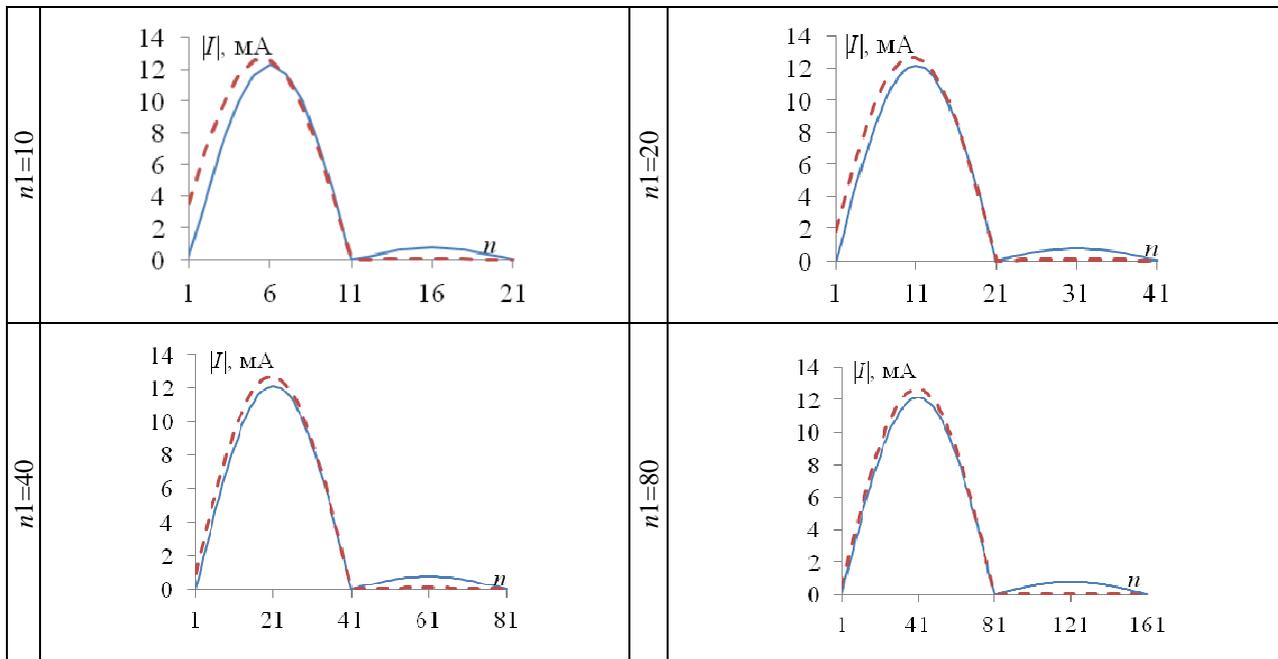
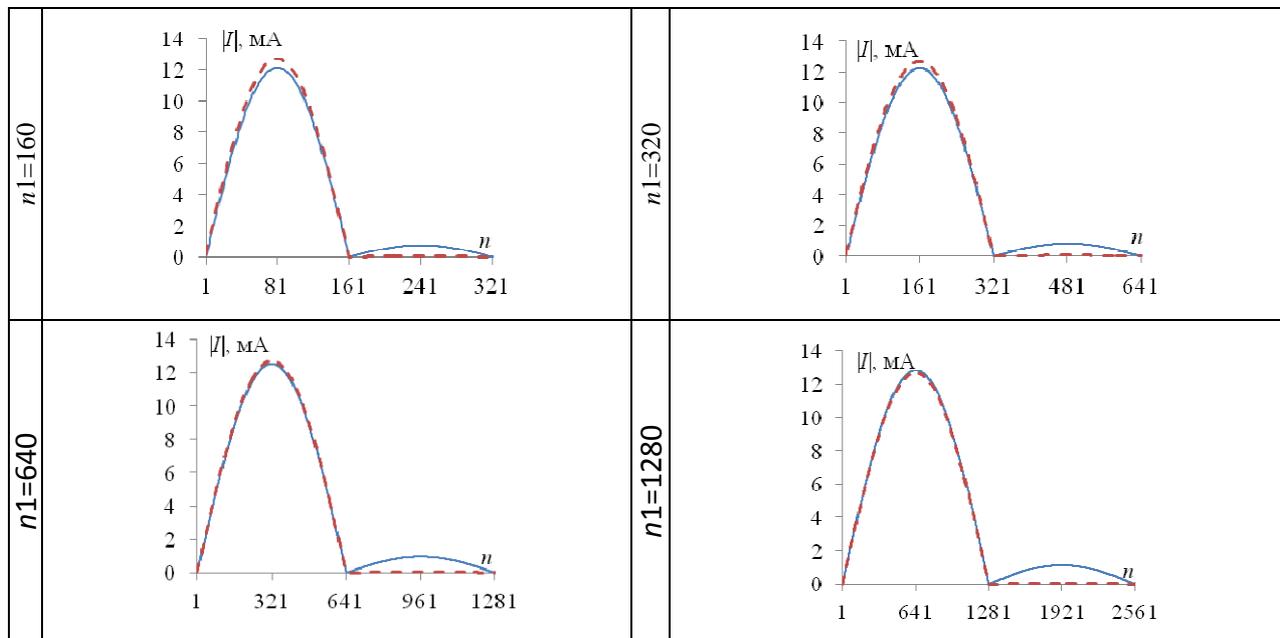


Рисунок 2 – Зависимости модуля тока в первом сегменте (×) и источнике (•) от $n1$ в рассогласованной (а) и согласованной (б) структуре

Таблица 2 – Распределения тока (мА) в проводах при разных $n1$, полученные по алгоритму [2] (--) и электродинамическим анализом (—) и



Окончание таблицы 2



*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского
научного фонда, проект № 19-19-00424*

ЛИТЕРАТУРА

1. Hasan, A. Alhaj. Comparison of quasistatic and electrodynamic estimations of the radiated emission from two coupled wires over a ground plane // International Conference of Students and Young Scientists "Prospects of Fundamental Sciences Development", Tomsk, Russia, April 21. 2020. P. 17–19.

2. Hasan, A. Alhaj, Kvasnikov, A. A., Gazizov, T. R. Approach to estimation of radiated emission from circuits with modal reservation // 21st International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM), 2020, Jun 29. P. 169–173.

3. New developments for improved simulation of interconnects based on method of moments / S. P. Kuksenko, T. R. Gazizov, A. M. Zabolotsky, R. R. Ahunov, R. S. Surovtsev, V. K. Salov, Eg. V. Lezhnin // Advances in Intelligent Systems Research proc. of the 2015: Int. Conf. on Modelling, Simulation and Applied Mathematics (MSAM2015), Phuket, Thailand, August 23–24. 2015. P. 293–301.

A. Alhaj Hasan, T. R. Gazizov

Impact of segmentation and matching on the current in coupled wires

In this paper, electrodynamic and quasi-static simulation of the current distribution in two coupled wires over a ground plane is performed. The current magnitudes in the first segment of the wire and the source, in matched and mismatched structures, as well as the current distributions along the conductors relative to segmentation are considered. Acceptable comparability of results is obtained.

Alhaj.hasan.adnan@yandex.ru

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., Михалеико 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.