



Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 РАДИОКОНСТРУКТОРСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ


 ФАКУЛЬТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ


 ФАКУЛЬТЕТ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

 ГУМАНИТАРНЫЙ  
ФАКУЛЬТЕТ


 ФАКУЛЬТЕТ  
БЕЗОПАСНОСТИ

 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

 ЮРИДИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ЗАОЧНЫЙ И ВЕЧЕРНИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ДИСТАНЦИОННОГО  
ОБУЧЕНИЯ



**ВЫБИРАЯ БУДУЩЕЕ,  
ВЫБИРАЙ TUSUR!**

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, каб. 129 E-mail: [onir@main.tusur.ru](mailto:onir@main.tusur.ru)  
Телефон/Факс: (3822) 900-100 Сайт: <http://tusur.ru/>

Информационный центр абитуриента: [magistrant.tusur.ru](http://magistrant.tusur.ru)

## Сборник избранных статей научной сессии TUSUPa



**ПО МАТЕРИАЛАМ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ  
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

«НАУЧНАЯ СЕССИЯ TUSUPa-2019»

г. Томск, 22–24 мая 2019 г.

(в двух частях)

**ЧАСТЬ 1**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)»

# **Сборник избранных статей научной сессии ТУСУРа**

**по материалам  
Международной научно-технической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Научная сессия ТУСУР–2019»**

**22–24 мая 2019 г., г. Томск**

**В двух частях**

Часть 1

В-Спектр  
2019

**УДК 621.37/.39+681.518 (063)**

**ББК 32.84я431+32.988я431**

**С 23**

**С 23 Сборник избранных статей научной сессии ТУСУРа** (Томск, 22–24 мая 2019 г.): в 2 ч. – Томск: В-Спектр, 2019. – Ч. 1. – 320 с.

ISBN 978-5-91191-410-3

ISBN 978-5-91191-411-0 (Ч. 1)

Сборник включает избранные статьи по итогам Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Конференция посвящена различным аспектам разработки, исследования и практического применения радиотехнических, телевизионных и телекоммуникационных систем и устройств, сетей электро- и радиосвязи, вопросам проектирования и технологии радиоэлектронных средств, аудиовизуальной техники, бытовой радиоэлектронной аппаратуры, а также автоматизированных систем управления и проектирования. Рассматриваются проблемы электроники СВЧ- и акустооптоэлектроники, нанопотоники, физической, плазменной, квантовой, промышленной электроники, радиотехники, информационно-измерительных приборов и устройств, распределенных информационных технологий, вычислительного интеллекта, автоматизации технологических процессов, в частности, в системах управления и проектирования, информационной безопасности и защиты информации. Представлены статьи по математическому моделированию в технике, экономике и менеджменте, антикризисному управлению, правовым проблемам современной России, автоматизации управления в технике и образовании, а также работы, касающиеся социокультурных проблем современности, экологии, мониторинга окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

**ISBN 978-5-91191-410-3**

**ISBN 978-5-91191-411-0 (Ч. 1)**

© Том. гос. ун-т систем управления  
и радиоэлектроники, 2019

## СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ПИКОСЕКУНДНОГО ЛОКАТОРА

*Ш.В. Куулар, магистрант; Р.Р. Хажибеков, аспирант*  
*Научный руководитель А.М. Заболоцкий, проф. каф. ТУ, д.т.н.*  
*г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, kuular-1996@inbox.ru*

Описана проблема борьбы с пассивными помехами в радиолокации. Произведено сравнение двух вариантов реализации полосового фильтра для защиты входных цепей пикосекундного локатора. Показано, что фильтр, основанный на элементах с распределенными параметрами, больше соответствует поставленным требованиям.

**Ключевые слова:** полосовой фильтр, пикосекундный локатор, частотная характеристика, полоса пропускания.

В современной радиолокации одной из актуальных проблем являются пассивные помехи, связанные с отражениями [1]. Интенсивность помех может существенно превышать уровень собственных шумов приемника, делая радиолокационное наблюдение невозможным.

Фильтрация является одним из способов защиты от помех путем уменьшения полосы принимаемых частот. Полосовые фильтры выполняют функцию защиты входных цепей пикосекундного локатора от насыщения путем уменьшения мощности шума, вследствие ограничения полосы частот. Также в системах радиолокации используются широкополосные сигналы, позволяющие увеличить разрешающую способность, улучшая помехозащищенность оборудования. Для фильтра, работающего с широкополосным сигналом, желательны малые габариты и минимальные потери [2].

В лаборатории пикосекундной техники кафедры радиоэлектроники и систем связи (РСС) ТУСУРа разработан пикосекундный локатор (ПЛ) со следующими характеристиками: длительность импульса 2 нс, время нарастания 3 пс, спектр частот от 500 до 2000 МГц. Для данного ПЛ характерны пассивные помехи, которые воздействуют на нормальное функционирование устройства.

Таким образом, целью данной работы является разработка полосового фильтра в диапазоне 500–2000 МГц с минимальным затуханием в полосе пропускания.

**Результаты работы.** Разработка полосового фильтра будет производиться квазистатическим и схемотехническим подходом, которые позволяют синтезировать фильтры на сосредоточенных и распределенных элементах [2].

При разработке фильтра учитывались следующие параметры: порядок фильтра  $n = 5$ , центральная частота  $f_0 = 1250$  МГц, ширина полосы пропускания 1500 МГц, внутреннее сопротивление источников и сопротивление нагрузки 50 Ом. Вид сверху топологии фильтра представлен на рис. 1. Длина разработанного фильтра на элементах с распределенными параметрами  $l = 240$  мм и ширина фильтра  $w = 20$  мм.



Рис. 1. Вид сверху топологии фильтра на элементах с распределенными параметрами

Частотные зависимости  $|S_{21}|$  и  $|S_{11}|$  после расчета приведены на рис. 2.

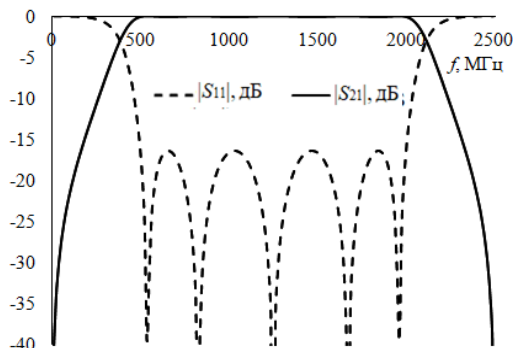


Рис. 2. Частотные зависимости  $|S_{21}|$  и  $|S_{11}|$  фильтра на элементах с распределенными параметрами

Также был посчитан фильтр на сосредоточенных элементах. Схема реализации фильтра приведена на рис. 3.

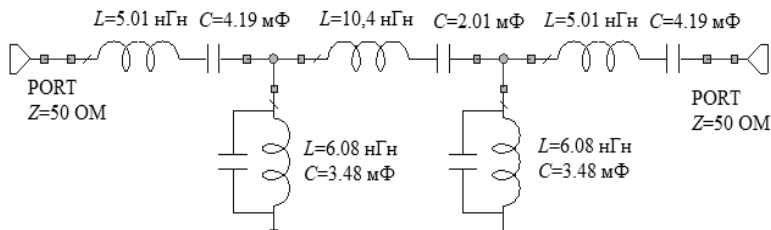


Рис. 3. Схема реализации фильтра на сосредоточенных элементах

Вычисленные частотные зависимости  $|S_{21}|$  и  $|S_{11}|$  после расчета приведены на рис. 4.

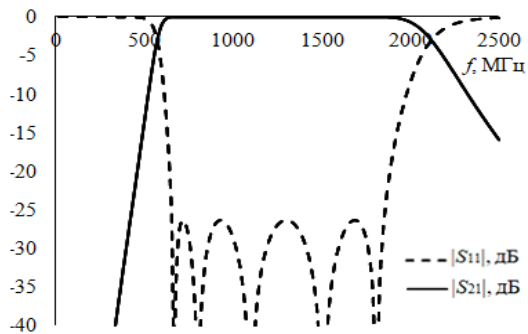


Рис. 4. Частотные зависимости  $|S_{21}|$  и  $|S_{11}|$  фильтра на сосредоточенных элементах

Первый вариант разработанного фильтра основан на элементах с распределенными параметрами. Данный фильтр обеспечивает требуемую частотную характеристику, но имеет большие габариты ( $240 \times 20$  мм). Второй вариант фильтра основан на дискретных элементах, имеет малые габариты, но на высоких частотах могут проявляться паразитные параметры  $L$  и  $C$  элементов. Фильтр, основанный на элементах с сосредоточенными параметрами, больше соответствует поставленным требованиям, но его топология требует дополнительных доработок.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации MD-365.2018.8.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Радиолокационные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://vii.sfukras.ru/images/libs/Radiolokacionnye\\_sistemy\\_SFU\\_elektronnyy\\_resurs.pdf](http://vii.sfukras.ru/images/libs/Radiolokacionnye_sistemy_SFU_elektronnyy_resurs.pdf) (дата обращения: 07.03.2019).
2. Артишев С.А. Компьютерное проектирование РЭС // Проектирование фильтра на связанных линиях. – 2018. – Т. 52, № 4. – С. 5–17.
3. Дмитриев Е.Е. Проектирование фильтров в Microwave office с помощью iFilter // Проектирование фильтра на связанных линиях. – 2010. – № 4. – С. 10–48.

*А.А. Колегов, А.В. Черникова, Д.В. Сарасеко, К.А. Денисенко*  
СЛОЖЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ВОЛОКОННЫХ ЛАЗЕРОВ С ПОМОЩЬЮ  
ОПТОВОЛОКОННЫХ СИГНАЛЬНЫХ ОБЪЕДИНИТЕЛЕЙ.....216

*М.Н. Гаппарова, Н.А. Иванченко, А.С. Перин*  
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
КОГЕРЕНТНЫХ СВЕТЛЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СОЛИТОНОВ  
В ФОТОРЕФРАКТИВНОМ НИОБАТЕ ЛИТИЯ  
С УЧЕТОМ ВКЛАДА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА.....219

## **ПОДСЕКЦИЯ 2.6**

### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ**

*Председатель секции – Заболоцкий А.М., проф. каф. ТУ, д.т.н.;*  
*зам. председателя – Куксенко С.П., доцент каф. ТУ, к.т.н.*

*А.М. Артюшкина, А.В. Демаков*  
РАЗРАБОТКА КОАКСИАЛЬНОЙ КАМЕРЫ  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ  
КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....222

*К.В. Симонова, Д.С. Бодажков*  
ЧАСТНО-СЕЛЕКТИВНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КВЧ-ДИАПАЗОНА, ПОЛУЧАЕМЫХ  
МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ.....225

*Л.К. Болатова*  
АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА ДЛЯ КВАЗИСТАТИЧЕСКОГО  
АНАЛИЗА НЕРЕГУЛЯРНОЙ РАЗБАЛАНСИРОВАННОЙ  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЛИНИИ В ВОЗДУХЕ.....228

*Е.Б. Черникова*  
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЛАГОЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ  
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕРКАЛЬНО-СИММЕТРИЧНОГО  
МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА.....232

*Рустам Р. Газизов, М.Н. Калинина*  
ВЫЯВЛЕНИЕ ЭКСТРЕМУМОВ СИГНАЛА С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ  
В ДВУХВИТКОВОЙ МЕАНДРОВОЙ ЛИНИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ  
РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ЕЕ ПРОВОДНИКАМИ.....236

*Ш.В. Куулар, Р.Р. Хажибеков*  
РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА  
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ ПИКОВСЕКУНДНОГО ЛОКАТОРА..240

*Ш.В. Куулар, Р.Р. Хажибеков*  
СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА  
ДЛЯ ПИКОВСЕКУНДНОГО ЛОКАТОРА.....244

*Ч.Л. Хомушку*  
ВЫЯВЛЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЭКСТРЕМУМОВ СИГНАЛА  
В СИЛОВОЙ ШИНЕ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ.....247

|  |     |
|--|-----|
| <b>М.В. Храпцов</b><br>ВЛИЯНИЕ КАСКАДИРОВАНИЯ ПОМЕХОЗАЩИТНЫХ ФИЛЬТРОВ<br>НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ.....   | 251 |
| <b>А.А. Иванов</b><br>РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ<br>ЭКРАНИРОВАНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО КОРПУСА<br>МЕТОДОМ МАТРИЦЫ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ.....                     | 255 |
| <b>К.А. Бокова, А.А. Иванов</b><br>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ КОРПУСА<br>МУЛЬТИПЛЕКСОРА FOX-515 .....  | 259 |
| <b>С.Х. Карри, Р.С. Суrowцев</b><br>АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ<br>ПОДЛОЖКИ НА РАССЕЙАНИЕ МОЩНОСТИ СИГНАЛА<br>В МЕАНДРОВОЙ ЛИНИИ.....             | 262 |
| <b>А.А. Квасников</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ<br>СИСТЕМЫ TALGAT .....  | 266 |
| <b>И.И. Николаев</b><br>ВЛИЯНИЕ ДВОЙНОЙ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВОЙ ШИНЫ<br>ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА ЕЁ ПОГОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ .....   | 270 |
| <b>М.А. Самойличенко</b><br>АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА<br>С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ В ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ<br>НА АМПЛИТУДУ ИМПУЛЬСОВ РАЗЛОЖЕНИЯ ..... | 273 |
| <b>Л.Т. Таалайбек, М.А. Ембергенов</b><br>ПОИСК МАКСИМУМА НАПРЯЖЕНИЯ В СВЯЗАННОЙ ЛИНИИ<br>ПЕРЕДАЧИ С ПОМОЩЬЮ ЭВОЛЮЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ.....                           | 275 |
| <b>Е.С. Жечев</b><br>ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЫЧЕК В ОПОРНОМ ПРОВОДНИКЕ<br>НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕРКАЛЬНО-СИММЕТРИЧНОГО<br>МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА.....                                | 279 |

## **ПОДСЕКЦИЯ 2.7**

### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ**

*Председатель секции – Туев В.И., зав. каф. РЭТЭМ, д.т.н.;*  
*зам. председателя – Вилисов А.А., проф. каф. РЭТЭМ, д.т.н.*

|  |     |
|--|-----|
| <b>А.А. Максименко, Е.С. Ганская, М.В. Андреева</b><br>ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО<br>ЗАПАСА СВЕТОДИОДНОГО ИЗЛУЧАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ..... | 282 |
| <b>Д.В. Кожокару, Е.С. Ганская, Е.С. Гайбович</b><br>МЕТОДЫ ГЕРМЕТИЗАЦИИ СВЕТОДИОДОВ<br>БЕЛОГО ЦВЕТА СВЕЧЕНИЯ .....                                  | 284 |