



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
Телефон/Факс: (3822) 900-100 Сайт: <http://tusur.ru/>

Информационный центр абитуриента: 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

моделировании с учетом потерь // Матер. 24-й Междунар. науч.-практ. конф. «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-24–2018)». – Томск: – Изд-во ТУСУРа. – С. 135–139.

3. Газизов Рустам Р., Газизов Руслан Р. Влияние длительности сверхкороткого импульса на выявление и локализацию экстремумов сигнала в микрополосковой С-секции при моделировании с учетом потерь // Матер. 14-й Междунар. науч.-практ. конф. «Электронные средства и системы управления». – Томск: В-Спектр, 2018. – Ч. 1. – С. 275–277.

4. Газизов Рустам Р., Газизов Руслан Р. Выявление и локализация экстремумов сигналов двухвитковой меандровой линии с учетом потерь // Сб. избран. статей Научной сессии ТУСУР: по матер. Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2018». Томск: В-Спектр, 2018. – Ч. 2. – С. 246–249.

5. Газизов Р.Р., Заболоцкий А.М., Орлов П.Е. Локализация максимумов сигнала в многопроводных линиях передачи печатных плат с помощью системы TALGAT // Докл. Том. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2015. – № 4(38). – С. 153–156.

УДК 621.371.32

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ 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

Описан один из методов повышения защищенности от пассивных помех в радиолокации. Разработан гибридный полосовой фильтр для защиты входных цепей пикосекундного локатора на основе элементов с распределенными и сосредоточенными параметрами.

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

Полосовые фильтры выполняют функцию защиты входных цепей от насыщения пикосекундного локатора. Для разработки такого фильтра важно обеспечить требуемые частотные характеристики при минимально возможных габаритах. Известно, что фильтр на основе распределенных элементов имеет большую длину, а полосовой фильтр на дискретных элементах на высоких частотах (ВЧ) возможно будет нестабильно работать, из-за паразитных параметров дискретных элементов.

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

Результаты работы. Реализовать фильтр с малыми габаритами возможно на основе элементов с распределенными параметрами и разделительных конденсаторов. На элементах с распределенными параметрами будет реализован фильтр нижних частот (ФНЧ), а с помощью разделительных конденсаторов можно будет обеспечить срез нижних частот. Вычисленные частотные зависимости $|S_{21}|$ и $|S_{11}|$ для структуры с распределенными параметрами приведены на рис. 1, *а*. При разработке фильтра учитывались следующие параметры: порядок фильтра $n = 5$, центральная частота $f_0 = 1250$ МГц, внутреннее сопротивление источников и сопротивление нагрузки 50 Ом. Вид сверху топологии полученной схемы представлен на рис. 1, *б*. После этого добавлены разделительные конденсаторы в топологию фильтра, в результате получился гибридный фильтр (ГФ).

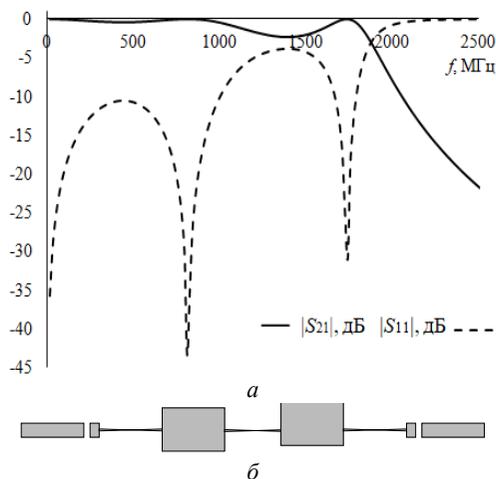


Рис. 1. Частотные зависимости $|S_{21}|$ и $|S_{11}|$ ФНЧ (*а*) и (*б*) вид сверху топологии ФНЧ

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

Выполнена оптимизация ГФ по трем критериям:

1. Обеспечение волнового сопротивления 50 Ом.
2. Ограничение полосы пропускания 500–2000 МГц.
3. Обеспечение плоской полосы пропускания.

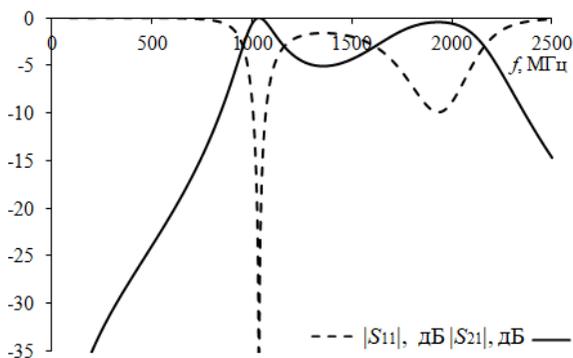


Рис. 2. Частотные зависимости $|S_{21}|$ и $|S_{11}|$ ФНЧ после добавления конденсаторов

При оптимизации изменялись геометрические параметры: ширина линии w , длина линии l и емкости обоих конденсаторов C в диапазоне 0,01–100 пФ. Толщина фольги $t = 0,035$ мм и толщина подложки $h = 2,5$ мм, значение диэлектрической проницаемости диэлектрика $\epsilon_r = 4,3$ остались неизменными. Вид сверху топологии полученной схемы представлен на рис. 3.

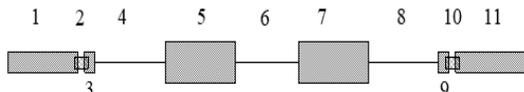


Рис. 3. Вид сверху топологии ГФ после оптимизации

Результаты оптимизации сведены в таблицу.

Результаты оптимизации

Номер части из топологии фильтра	Название	Длина l , мм	Ширина w , мм
1	Подводящий отрезок	10	3
2	Конденсатор GRM1885C1H3R3CA01 с номиналом 3,3 пФ		
3	Площадка под пайки	1,5	2
4	Первый отрезок	10	0,3
5	Второй отрезок	10	5,7
6	Третий отрезок	10	0,3
7	Четвертый отрезок	10	5,7
8	Пятый отрезок	10	0,3
9	Площадка под пайки	1,5	2
10	Конденсатор GRM1885C1H3R3CA01 с номиналом 3,3 пФ		
11	Подводящий отрезок	10	3

Частотные зависимости $|S_{21}|$ и $|S_{11}|$ после оптимизации приведены на рис. 4.

Таким образом, был разработан полосовой ГФ для защиты входных цепей пикосекундного локатора от пассивных помех, основными достоинствами которого являются малые габариты (74×10 мм), минимальное затухание в полосе пропускания (минус 0,27 дБ) и простота в реализации.

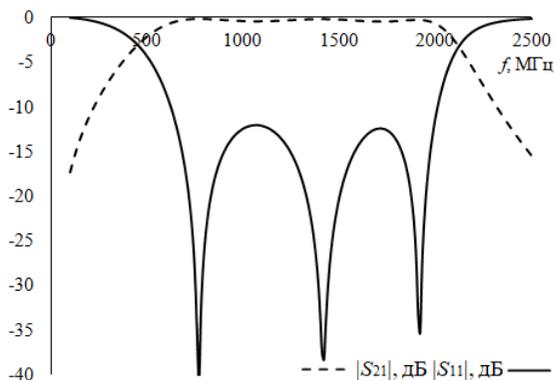


Рис. 4. Частотные зависимости $|S_{21}|$ и $|S_{11}|$ после оптимизации

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

ЛИТЕРАТУРА

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

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
ЧАСТОТНО-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 ПИКОСЕКУНДНОГО ЛОКАТОРА..240

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

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

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

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