

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедры общей физики

наименование кафедры

Исследование характеристик микрополосковых СВЧ фильтров

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 4022 группы

Направления 03.03.02 «Физика»

код и наименование направления

Институт физики

наименование факультета

Сафронова Владимира Юрьевича

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

профессор, д.т.н.

должность, ученая степень, уч. звание

подпись, дата

Хвалин А.Л.

Инициалы Фамилия

Зав. кафедрой

общей физики

полное наименование кафедры

профессор, д.ф.-м.н.

должность, ученая степень, уч. звание

подпись, дата

Игнатъев А.А.

Инициалы Фамилия

Саратов 2021 г.

Введение

Фильтры находят широкое применение в различных радиотехнических устройствах.

В радиопередающих устройствах фильтры применяются для подавления гармоник за пределами разрешенной полосы частот на выходе, а также для выделения нужной гармоники при умножении частоты. В синтезаторах частот полосные фильтры используются для выделения нужной комбинационной частоты.

В радиоприемных устройствах фильтры выполняют одну из основных функций - фильтрующую функцию, в усилителях промежуточной частоты в качестве фильтров сосредоточенной селекции. Фильтры используются также как резонансные нагрузки в высокочастотной части радиодиапазона, особенно в диапазоне СВЧ.

Основной целью выпускной квалификационной работы является решение задачи параметрического синтеза основных рабочих характеристик фильтра нижних частот, с помощью программы MicrowaveOffice 2009.

Объектом исследований является прототип ступенчатого фильтра на микрополосковой линии передачи

Защищаемые результаты – решение задачи параметрической оптимизации рабочих характеристик фильтра нижних частот. Полученные оптимальные характеристики ФНЧ существенно превосходят характеристики фильтра - прототипа.

Структура и объем работы. Дипломная работа состоит из введения, семи глав (1. Линии передачи СВЧ, 2. Пассивные устройства СВЧ, 3. Типы фильтров, 4. Постановка задачи расчета ФНЧ, 5. Моделирование фильтра в MicrowaveOffice 2009, 6. Методы оптимизации, 7. Описание программы MicrowaveOffice 2009.), заключения и списка литературы. Объем работы составляет 63 страниц.

Содержание работы

Во введении сформулированы цели и задачи выполняемой работы. Описана структура выпускной квалифицированной работы.

В первой главе приведена теоретический материал Линии передачи СВЧ

Линией передачи называют устройство, которое ограничивает пространство распространения электромагнитных волн и направляет поток электромагнитной энергии в заданном направлении от источника к нагрузке. С помощью линий передачи осуществляется передача мощности от генератора к нагрузке, трансформируются величины полных сопротивлений нагрузок, образуются резонансные системы – объемные резонаторы и колебательные контуры с распределенными параметрами. Отрезки линий передачи применяют для объединения отдельных микроволновых устройств в единую схему

Во второй главе раскрываются такие темы как Согласованная нагрузка, Фильтры СВЧ, Трансформация сопротивлений в линии передачи, Мосты и делители мощности, Направленный ответвитель.

В третьей главе описываются Типы фильтров. По параметру «полоса пропускания» фильтры подразделяются на типы: Фильтр нижних частот (ФНЧ), Полосовой фильтр (ПФ), Полосовой заграждающий фильтр, Дуплексер, Модульный фильтр.

В четвертой главе производится разбор используемого фильтр нижних частот на несимметричной микрополосковой линии. Главным назначением фильтров является подавление одних частотных составляющих сигнала и пропускания других. Частотная характеристика фильтра является кривая зависимости затухания в нем от частоты.

В данной работе рассматривается фильтр нижних частот. В идеале мы бы хотели получить фильтр, который пропускает без искажений все частоты ниже ω_0 и полностью подавляет все частоты выше ω_0 . Такой ФНЧ называют идеальным, и он не реализуем на практике.

Реализуемые же ФНЧ всегда вносят какие-то искажения в полосу пропускания и не до конца подавляет в полосе заграждения. На рисунке 2. показаны идеальная и реальная АЧХ ФНЧ. Синим показана АЧХ идеального фильтра, красным - реального.

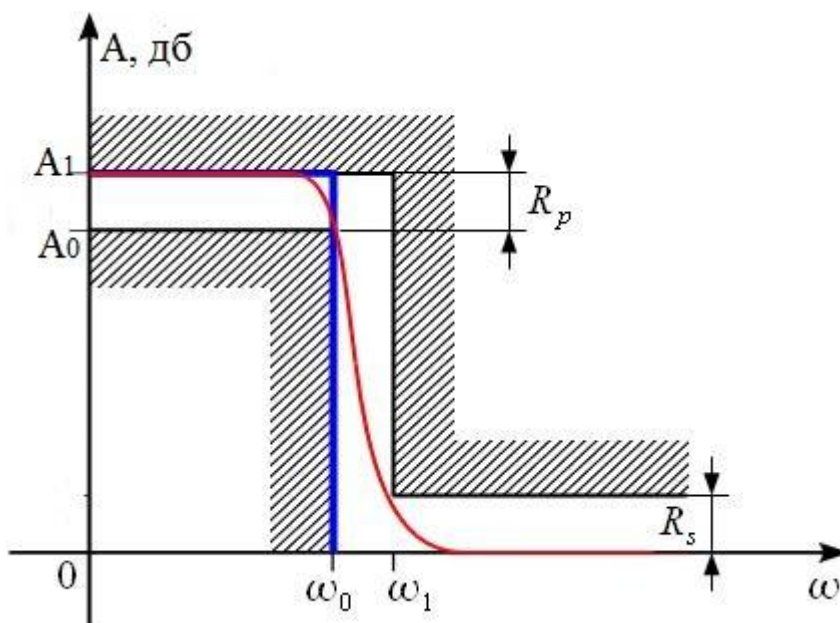
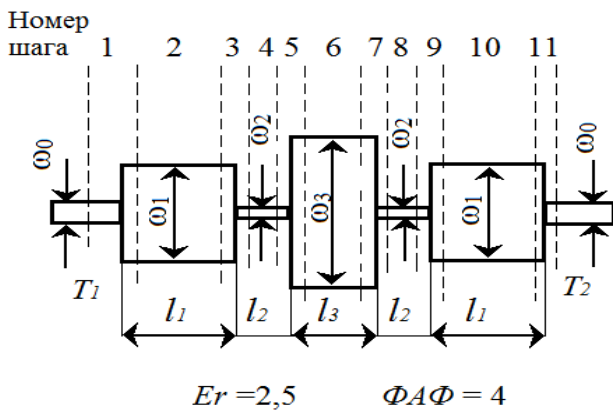


Рисунок 2

Полоса частот от 0 до ω_0 называется полосой пропускания ФНЧ, полоса частот от ω_1 и выше называется полосой подавления или полосой заграждения. Полоса между ω_0 и ω_1 называется переходной полосой фильтра.

В пятой главе представлен теоретический расчет характеристик микрополоскового фильтра, пошаговое компьютерное моделирование фильтра с помощью программы САПР-2009, созданы графики характеристик фильтра, определены коэффициенты, была произведена оптимизация основных характеристик микрополоскового ФНЧ, и представлены результаты оптимизации по сравнению с изначальными параметрами.

Форма и геометрические размеры фильтра приведены на рисунке 3.(а, б). Устройство разбивается на 11 элементов двух типов: 1- стык проводников различной ширины, 2- отрезок регулярной линии.



i	0	1	2	3
ω_i/h	2.8	6.0	0.9	9.3
l_i/h	6.75	6.35	6.75	6.25

а.

б.

Рисунок 3

В ходе работы смоделировали фильтр нижних частот с помощью программы САПР – 2009 с заданными характеристиками положки.

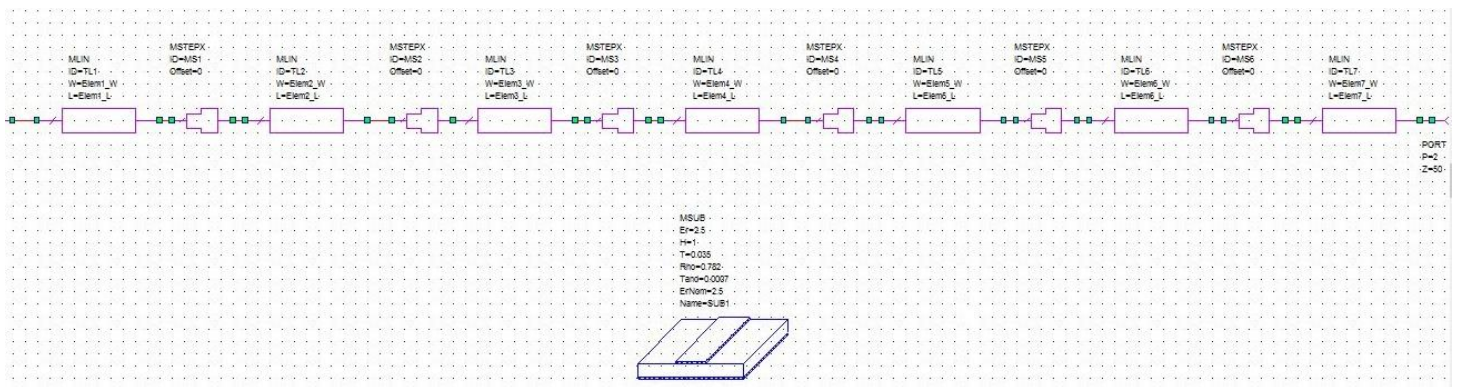
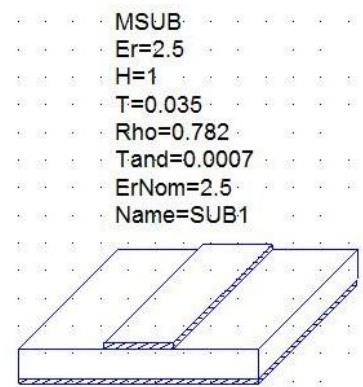


Рисунок 4. Компьютерная модель ФНЧ



На рисунке 5. показана модель фильтра в программе САПР-2009

Оптимизация основных характеристик микрополоскового фильтра нижних частот начиналась с изменения характеристик вручную до определенных целей оптимизации, для сокращения времени самостоятельной оптимизации программы. Достигнув максимальна приближена занчений к целей оптимизации, используем функцию симуляции – оптимизация с помощью определенных методов. В данной работе использовала метод SimplexOptimizer.

Результаты оптимизации по сравнению с параметрами фильтра – прототипа приведены на графиках.

- Коэффициент отражения (КО) показан на рисунке 6.

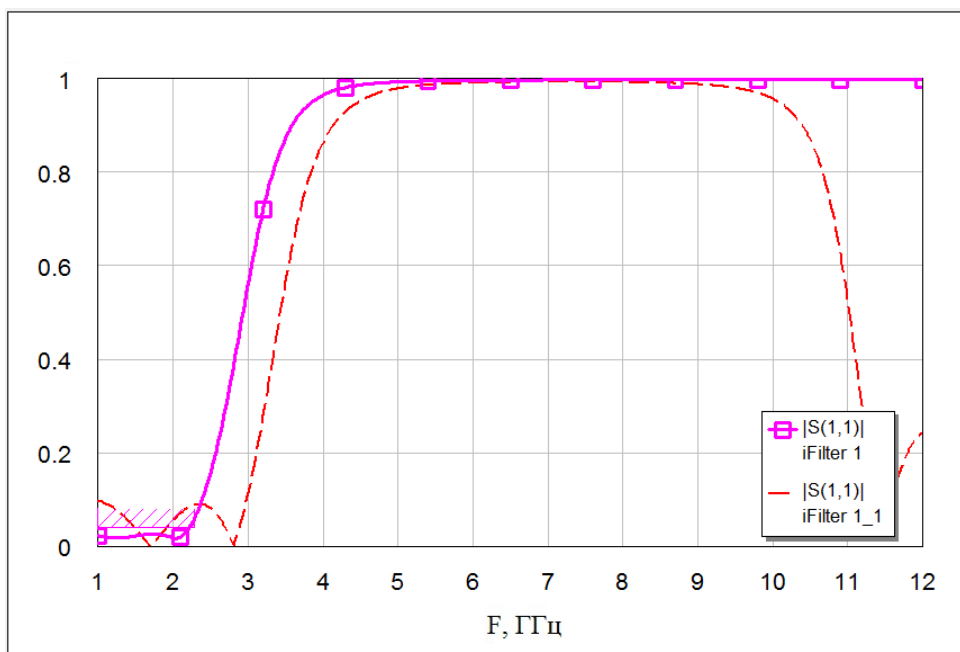


Рисунок 6. АЧХ КО.

Где: — Коэффициент отражения после оптимизации = 0.06

— Коэффициент отражения с параметрами прототипа = 0.101

- Коэффициент передачи (КП) в сравнении перерасчета зависимости переходного ослабления фильтра от частоты. (рисунок 7.)

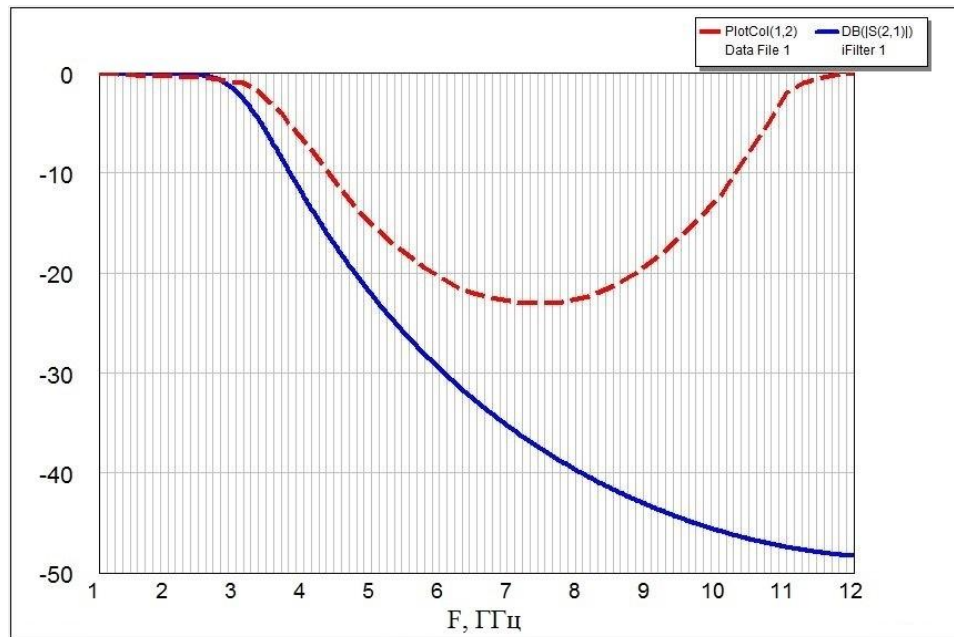


Рисунок 7. АЧХ КП.

Где: --- - Зависимости переходного ослабления фильтра[1].
— - Коэффициент передачи после оптимизации

- Коэффициент отражения от входа показан на рисунке 8.

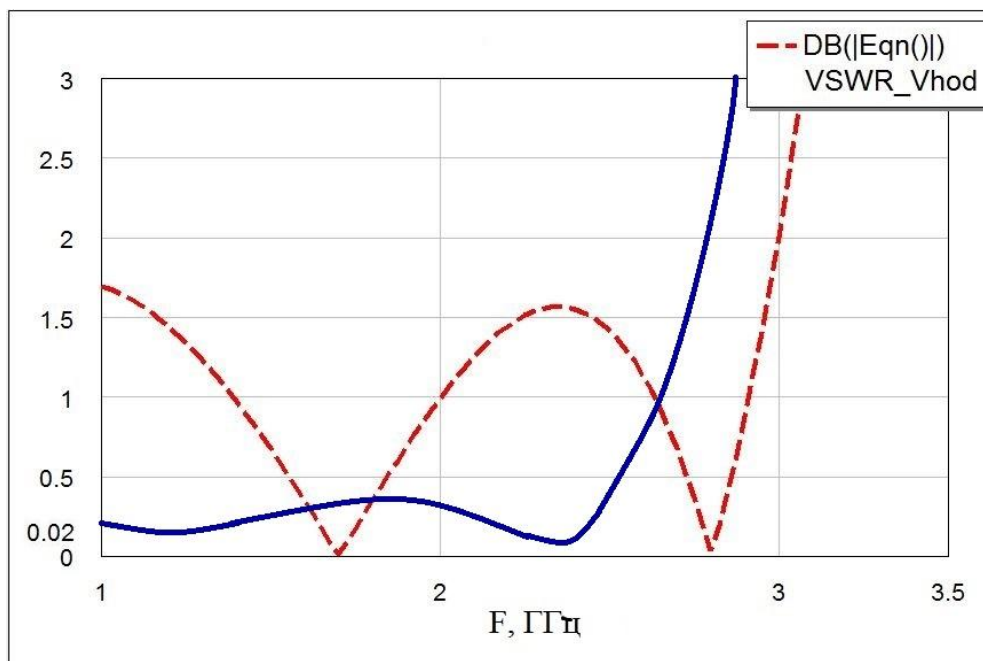


Рисунок 8. АЧХ КО от Входа.

Где: — - Коэффициент отражения от входа после оптимизации = 0.027,
--- - КО с параметрами фильтра - прототипа = 0.09.

- Коэффициент стоячей волны по напряжению соответствует рисунку 9.

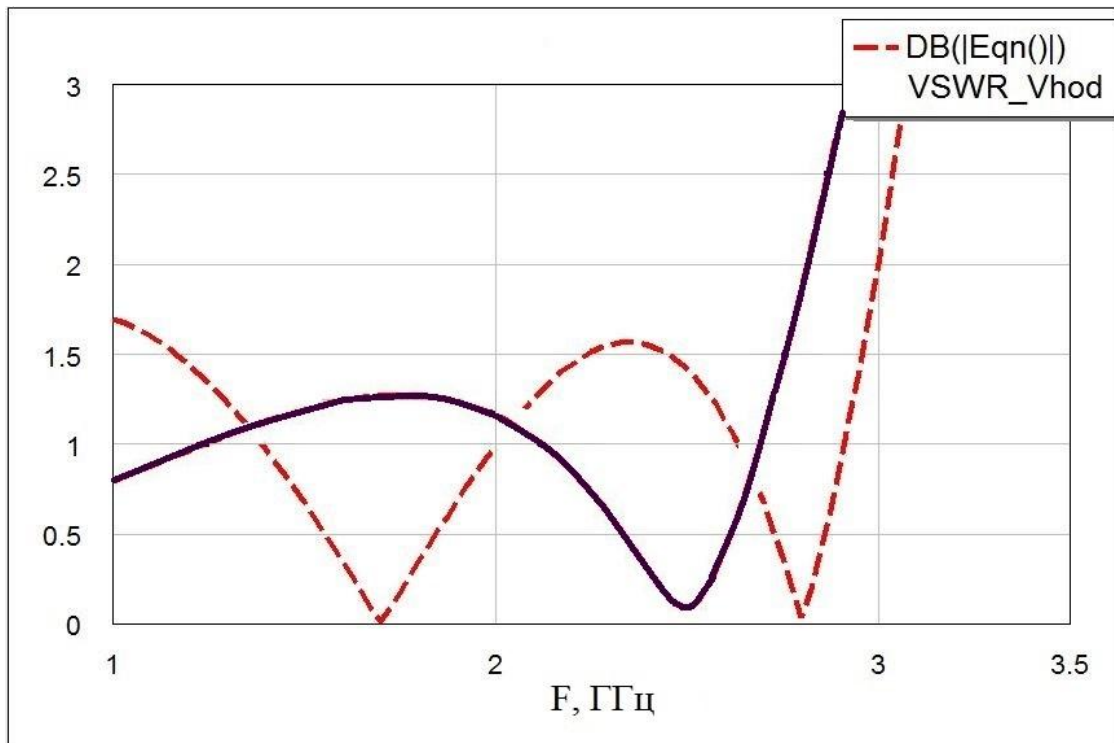


Рисунок 9. АЧХ КСВН. Где:

- - Коэффициент стоячей волны по напряжению после оптимизации = 1.1,
- - КСВН фильтра – прототипа [1] = 1.6

В шестой главе описываются методы оптимизации используемые в работе.

Методы случайного поиска отличаются от регулярных (детерминированных) методов оптимизации намеренным введением элемента случайности. Регулярные методы, как правило, более тонко настроены на специфику оптимизируемого процесса, а также имеют более сложные алгоритмы поиска оптимума. Введение элемента случайности часто дает возможность построить весьма простые и эффективные алгоритмы поиска.

Под поиском понимается процесс отыскания такого значения критерия оптимизации (целевой функции), которое близко к искомому экстремуму и в то же время удовлетворяет всем ограничениям.

Симплекс метод – это метод решения задачи линейного программирования. Суть метода заключается в нахождении начального

допустимого плана, и в последующем улучшении плана до достижения максимального (или минимального) значения целевой функции в данном выпуклом многогранном множестве или выяснения неразрешимости задачи.

В седьмой главе описывается программа MicrowaveOffice 2009.

Microwave Office один из самых быстрых и современных программных комплексов для проектирования ВЧ и СВЧ устройств. В рамках единой оболочки MicrowaveOffice располагает уникальными инструментами, необходимыми для разработки различных высокочастотных устройств и предоставляющими возможности: создания и моделирования нелинейных и линейных схем, оптимизации и электромагнитного анализа, проектирования топологий и экстракции паразитных параметров, статистического анализа и связи с пакетами верификации типа MentorCalibre или ICED, а также PCB-проектирования.

Заключение

Для создания конструкции СВЧ фильтра низких частот сформулирована и решена задача параметрического синтеза основных рабочих характеристик фильтра. В качестве целей оптимизации использованы частотные характеристики: коэффициента отражения (КСВН) от входа и выхода, коэффициента передачи. Конструкция фильтра выполнена на одиночной ступенчатой микрополосковой линии (МПЛ). В качестве прототипа фильтра использована классическая конструкция из семи ступенек МПЛ, представленная в Бахарев С. И., Вольман В. И. «Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств», М.: Радио и связь, 1982 г, 328 с. Задача анализа фильтра решается методом гармонического баланса. В качестве варьируемых параметров использованы геометрические размеры ступенек МПЛ. Проведенное сравнение результатов расчета фильтра -

прототипа, полученных методом гармонического баланса и декомпозиционным методом, подтверждают адекватность созданной компьютерной модели. В результате решения задачи параметрического синтеза получена конструкция фильтра низких частот с улучшенными рабочими характеристиками. Результаты оптимизации по сравнению с параметрами фильтра – прототипа показывают, что коэффициент отражения от выхода стал равен значению 0.06, когда значение с параметрами прототипа было равно 0.101. Также в АЧХ фильтра - прототипа в полосе частот от 11 до 12 ГГц наблюдается уменьшение ослабления до значений порядка 1-0.2 дБ. Решение задачи оптимизации позволило расширить диапазон частот заграждения до 12 ГГц. Коэффициент отражения от входа также изменился, значение коэффициента фильтр – прототипа = 0.09, а после оптимизации = 0.027. В коэффициенте передачи полоса пропускания остается на заданных значениях, но уровень заграждения стал ниже, переходная полоса фильтра - прототипа была от 3 ГГц до 6 ГГц, после оптимизации коридор стал от 3 ГГц до 4.5 ГГц, что показывает улучшенную характеристику коэффициента передачи.

Список использованных источников

1. Бахарев С. И., Вольман В. И. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. М.: Радио и связь, 1982 г., 328с
2. Кац Б.М., Мещанов В.П., Фельдштейн А.Л. Оптимальный синтез устройств СВЧ с Т-волнами М.: Радио и связь, 1984 г., 328с
3. Проектирование фильтров в MicrowaveOffice с помощью iFilter: учебнометодическое пособие / сост. Е. Е. Дмитриев, 2010. - 52 с.
4. В.Д.Разевиг, Ю.В. Потапов, А.А, Курушин. Проектирование СВЧ устройств с помощью MicrowaveOffice. М.: СОЛОН-Пресс. — 2003.
5. Аристархов Г.М., Звездинов Н.В., Чернышев В.П. Микрополосковые фильтры на сонаправленных шпилечных резонаторах с повышенной частотной избирательностью. // Радиотехника. – 2014, №10, с. 22-28.

6. В.Д.Разевиг, Ю.В. Потапов, А.А, Курушин. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. М.: СОЛОН-Пресс. — 2003.
7. Проектирование полосковых устройств СВЧ. Учебное пособие. — Ульяновск. Изд-во. Ульяновского государственного технического университета. 2001. — 123 с.
8. Данилин, А. А. Измерения в технике СВЧ : учеб. пособие. –М : Радиотехника, 2008.
9. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для ВУЗов / под ред. В. Н. Ушакова – СПб. : Питер, 2014.
- 10.Афонский, А. А. Измерительные приборы и массовые электронные измерения / А. А. Афонский, В. П. Дьяконов – М., 2007.
- 11.Титце У. Полупроводниковая схемотехника : в 2 т.: пер. с англ. / У. Титце, К. Шенк. М. : Додэко — XXI, 2008. Т. 1. 832 с.; Т. 2. 942 с
- 12.Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. Дрофа, 2006.
- 13.Войшвилло Г. В. Усилительные устройства: Учебник для ВУЗов - М.: Радио и связь, 1983.
- 14.Оппенгейм А., Шаффер Р. Цифровая обработка сигналов. Москва, Техносфера, 2012. 1048 с
- 15.Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов СПб, Питер, 2002.
- 16.Кочегурова Е.А. / Теория и методы оптимизации; Изд-во Томского политехнического университета, 2012.-157с.
- 17.Федоренко, И. А. Применение пакета программ Microwave Office 2009 AWR для проектирования микрополосковых устройств СВЧ : учебное пособие / И. А. Федоренко, Н. В. Федоркова. - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. - 55 с.
- 18.А.Г. Сухарев Курс методов оптимизации / А.Г. Сухарев, А.В. Тимохов, В.В. Федоров. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. - 368 с.
- 19.В.И. Струченков Методы оптимизации / В.И. Струченков. - М.: Экзамен, 2017. - 256 с.

20. Татаренко, Александр Магнитоэлектрические СВЧ устройства / Александр Татаренко. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. - 120 с.
21. Левинзон, Г.Л. Высококачественный усилитель низкой частоты / Г.Л. Левинзон, А.В. Логинов. - М.: Энергия, 2016. - 120 с.
22. Исламов, Ислам Моделирование электромагнитных полей СВЧ устройств телекоммуникаций / Ислам Исламов. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. - 232 с.
23. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко,— СПб.: Питер, 2003. - 608 с.
24. Карл-Дирк Каммейер, Кристиан Крошель: Цифровая обработка сигналов. Фильтрация и спектральный анализ . Издание 7-е, дополненное и исправленное. Vieweg + Teubner, Висбаден 2009
25. Богданов Н.Г. Расчёт электрических фильтров. – Пособие по курсовому и дипломному проектированию – М.: ВИПС, 2000 г., 352 с.
26. Ричард, Л. Цифровая обработка сигналов: пер с англ. / Л. Ричард. 2-е изд. М.: ООО «Бином-Пресс», 2007.
27. Глинченко, А. С. Цифровая обработка сигналов [Текст]: учеб. пособие / А. С. Глинченко. 2-е изд., перераб. и доп. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005.
28. Акиничева, А.С. Методы измерений параметров СВЧ устройств с использованием качающейся частоты / А.С. Акиничева. - М.: ЦНИИ Электроника, 2007. - 255 с.
29. Р.З.Валеев, К.В.Шишаков. Методические указания для выполнения лабораторных работ по моделированию устройств СВЧ с помощью Microwave Office. – Ижевск: ИжГТУ, каф. «Радиотехника» – 2006.