

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 07.07.2023 12:24:11
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП
«Информационные технологии
проектирования свч устройств»



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«ФИЛЬТРЫ И СОГЛАСУЮЩИЕ ЦЕПИ СВЧ»

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»

по профилю

«Информационные технологии проектирования свч устройств»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент Пивоваров И.Ю.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РЭС
09.03.2022, протокол № 7

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФРТ, 29.03.2022, протокол № 3

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	РЭС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	4
Семестр	8
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	10
Практические занятия (академ. часов)	50
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	61
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	119
Всего (академ. часов)	180
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«ФИЛЬТРЫ И СОГЛАСУЮЩИЕ ЦЕПИ СВЧ»

В дисциплине излагаются основы теории цепей СВЧ, ее приложения к анализу и синтезу фильтров и согласующих цепей СВЧ, принципы построения и функционирования фильтров и согласующих цепей СВЧ. Рассматриваются методы проектирования фильтров и согласующих цепей СВЧ с применением современного программного обеспечения. Описывается определение требований к характеристикам фильтров и согласующих цепей СВЧ методами функционального моделирования.

SUBJECT SUMMARY

«MICROWAVE FILTERS AND MATCHING CIRCUITS»

The discipline outlines the basics of the theory of microwave circuits, its applications to the analysis and synthesis of microwave filters and matching circuits, the principles of construction and operation of microwave filters and matching circuits. The methods of designing microwave filters and matching circuits with the use of modern software are considered. Determination of requirements for the characteristics of filters and matching circuits of microwaves by methods of functional modeling is described.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целями дисциплины является приобретение теоретических знаний о принципах работы фильтров и согласующих цепей, методологии их структурного и параметрического синтеза, формирование умений в области проектирования фильтров и согласующих цепей СВЧ диапазона и навыков использования современных САПР при проектировании высокочастотных фильтров и согласующих цепей.

2. Задачами дисциплины являются изучение основных принципов построения и оптимального проектирования фильтров и согласующих цепей различного назначения; освоение математического и программного обеспечения для синтеза и моделирования фильтров и согласующих цепей; формирование практических навыков проектирования фильтров и согласующих цепей СВЧ.

3. В результате освоения дисциплины студенты должны обладать следующими знаниями:

-основы теории цепей СВЧ и ее приложений к анализу и синтезу фильтров и согласующих цепей;

-методология проектирования фильтров на сосредоточенных и распределенных элементах на основе синтеза фильтров-прототипов;

-основы теории оценки предельной широкополосности согласования импедансов;

-методы проектирования узко-и широкополосных согласующих цепей на сосредоточенных и распределенных элементах;

-алгоритмы компьютерного синтеза фильтров и согласующих цепей СВЧ.

4. В результате освоения дисциплины студенты должны получить умения:

-определять требования к параметрам фильтров и согласующих цепей, выби-

- рять их структуру, выполнять синтез параметров их компонентов;
- учитывать влияние дестабилизирующих факторов на характеристики фильтров и согласующих цепей;
- использовать современные проблемно-ориентированные прикладные программные средства для проектирования фильтров и согласующих цепей СВЧ.

5. В результате освоения дисциплины студенты должны овладеть навыками:

- моделирования РЭС на функциональном уровне для определения требуемых характеристик фильтров и согласующих цепей;
- синтеза фильтров и согласующих цепей СВЧ диапазона и их оптимизации;
- использования современных САПР для проектирования фильтров и согласующих цепей.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Схемотехника аналоговых устройств»
2. «Теоретические основы радиотехники»
3. «Теоретические основы электротехники»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-4	Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований, в том числе, с применением систем автоматизированного проектирования
<i>ПК-4.1</i>	<i>Знает принципы подготовки технических заданий на современные электронные устройства</i>
<i>ПК-4.2</i>	<i>Умеет разрабатывать приборы и системы электронной техники</i>
<i>ПК-4.3</i>	<i>Владеет навыками проектирования и моделирования электронных приборов и систем с учетом заданных требований</i>
СПК-2	Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и модулей электронных средств, работающих в диапазоне сверхвысоких частот с использованием информационных технологий
<i>СПК-2.1</i>	<i>Знает принципы работы электронных средств, работающих в диапазоне сверхвысоких частот</i>
<i>СПК-2.2</i>	<i>Умеет проводить расчеты параметров и характеристик электронных средств, работающих в диапазоне сверхвысоких частот</i>
<i>СПК-2.3</i>	<i>Владеет навыками использования методов компьютерного проектирования и моделирования электронных средств, работающих в диапазоне сверхвысоких частот</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	2			4
2	Аналитические методы синтеза фильтров	2	10		20
3	Компьютерные методы синтеза фильтров	2	10		28
4	Аналитические методы синтеза согласующих цепей	2	10		20
5	Компьютерные методы синтеза согласующих цепей	2	10		28
6	Определение требований к характеристикам фильтров и согласующих цепей методами функционального моделирования		10	1	19
	Итого, ач	10	50	1	119
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Структура и содержание дисциплины, ее связь с другими дисциплинами учебного плана.
2	Аналитические методы синтеза фильтров	Основы аналитического синтеза фильтров. Синтез фильтров-прототипов Баттерворта и Чебышева. Преобразования фильтров-прототипов. Проектирование неотражающих фильтров СВЧ.
3	Компьютерные методы синтеза фильтров	Основные подходы к компьютерным методам синтеза фильтров. Использование мастера iFilter системы AWR DE для синтеза фильтров на сосредоточенных и распределенных элементах. Особенности проектирования фильтров методами параметрического синтеза.
4	Аналитические методы синтеза согласующих цепей	Основы аналитического синтеза согласующих цепей. Способы узкополосного согласования. Понятие широкополосного согласования. Фундаментальные ограничения на широкополосное согласование. Решения Бодэ-Фано и Юлы. Методика аналитического синтеза широкополосных согласующих цепей.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
5	Компьютерные методы синтеза согласующих цепей	Основные подходы к компьютерным методам синтеза согласующих цепей. Использование мастера iFilter системы AWR DE для синтеза согласующих цепей на сосредоточенных и распределенных элементах. Особенности проектирования согласующих цепей методами параметрического синтеза.
6	Определение требований к характеристикам фильтров и согласующих цепей методами функционального моделирования	Общие сведения о функциональном моделировании. Его реализация в современных САПР. Visual System Simulator системы AWR DE: функционал, создание модели объекта, компонентная база, режимы работы, симуляторы, выходная информация.

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Синтез фильтров-прототипов Баттерворта и Чебышева	4
2. Преобразования фильтров-прототипов	2
3. Проектирование неотражающих фильтров СВЧ	4
4. Основы работы в iFilter системы AWR DE	2
5. Использование iFilter для синтеза фильтров на сосредоточенных и распределенных элементах	6
6. Использование iFilter для синтеза частотно-разделительных устройств	2
7. Узкополосное согласование импедансов	2
8. Широкополосное согласование импедансов. Фундаментальные ограничения Боде-Фано и Юлы	4
9. Методика аналитического синтеза широкополосных согласующих цепей	4
10. Использование iFilter для синтеза согласующих цепей на сосредоточенных элементах	4
11. Использование iFilter для синтеза согласующих цепей распределенных элементах	4
12. Проектирование согласующих цепей методами параметрического синтеза	2
13. Функциональное моделирование, его реализация в современных САПР	2
14. Основы работы в Visual System Simulator системы AWR DE	4
15. Использование Visual System Simulator для моделирования в частотной области, спектральные измерения	4
Итого	50

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной

дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	60
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	24
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
ИТОГО СРС	119

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Проектирование радиопередающих устройств с применением ЭВМ [Текст] : учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов / О.В. Алексеев, А.А. Головков, А.Я. Дмитриев [и др.] ; под ред. О.В. Алексеева, 1987. -392 с.	101
2	Хелзайн, Джозеф. Пассивные и активные цепи СВЧ [Текст] / Дж. Хелзайн ; пер. сангл. В. Повзнера ; под ред. А.С. Галина, 1981. -200 с.	28
3	Малышев, Виктор Николаевич. Цепи СВЧ: Проектирование фильтров и согласующих устройств с применением ЭВМ [Текст] : Учеб. пособие / В.Н. Малышев; ЛЭТИ им.В.И.Ульянова(Ленина), 1991. -64 с.	44
Дополнительная литература		
1	Маттей, Г.Л. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи [Текст]. [Т. 1], 1971. -438, [1] с.	6
2	Алексеев, Олег Васильевич. Многоканальные частотно-разделительные устройства и их применение [Текст] : монография / О.В.Алексеев, Г.А.Грошев, Г.Г.Чавка, 1981. -136 с.	18

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Высокоизбирательные фильтры СВЧ на основе структур с ограниченным числом резонаторов: учебное пособие / под ред. Г. М. Аристархова. https://e.lanbook.com/book/215183

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=11524>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Фильтры и согласующие цепи СВЧ» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

Особенности допуска

Условием допуска к зачету с оценкой (дифф. зачету) является выполнение двух контрольных работ и их защита. Оценка за контрольную работу формируется по следующей шкале:

«Отлично» – контрольная работа выполнена без замечаний;

«Хорошо» – контрольная работа выполнена с незначительными замечаниями;

«Удовлетворительно» – контрольная работа выполнена с ошибками;

«Не удовлетворительно» – контрольная работа не выполнена или выполнена с грубыми ошибками.

Итоговая оценка на зачете с оценкой (дифф. зачете) определяется качеством выполнения контрольных работ и полнотой ответов на вопросы. При необходимости преподаватель может задавать дополнительные вопросы по материалу дисциплины.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Постановка задачи синтеза фильтров.
2	Преобразование частотной переменной и нормирование параметров фильтров.
3	Характеристика Баттерворта и фильтры Баттерворта
4	Характеристика Чебышева и фильтры Чебышева
5	Эллиптическая характеристика и эллиптические фильтры
6	Переход от ФНЧ фильтра-прототипа к ФВЧ, ППФ и ПЗФ
7	Переход от фильтра на сосредоточенных элементах к фильтру на элементах с распределенными параметрами
8	Синтез фильтра на сосредоточенных элементах средствами IFilter системы AWR DE
9	Синтез фильтра на элементах с распределенными параметрами средствами IFilter системы AWR DE
10	Синтез неотражающих фильтров на основе частотно-разделительных устройств
11	Синтез частотно-разделительных устройств средствами IFilter системы AWR DE
12	Синтез неотражающих фильтров на диссипативных элементах
13	Синтез частотно-разделительных устройств средствами IFilter системы AWR DE

14	Постановка задачи синтеза согласующих цепей.
15	Узкополосное согласование импедансов.
16	Теоретические ограничения на широкополосное согласование
17	Аналитический синтез широкополосных согласующих устройств
18	Синтез согласующих устройств на сосредоточенных элементах средствами IFilter системы AWR DE
19	Синтез согласующих устройств на элементах с распределенными параметрами средствами IFilter системы AWR DE
20	Особенности реализации фильтров и согласующих устройств на СВЧ

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

КР №1

1. Синтезировать фильтр на идеальных сосредоточенных элементах:

Тип ЧХ – полосно-пропускающий фильтр,

Центральная частота – 700 МГц,

Полоса пропускания – 200 МГц

Порядок – 4,

Сопротивление генератора – 50 Ом,

Сопротивление нагрузки – 25 Ом,

2. Выполнить анализ влияния потерь в элементах на ЧХ фильтра.

3. Реализовать фильтр на распределенных элементах:

Тип реализации – Microstrip, Stepped Impedance.

КР №2

1. Синтезировать согласующую цепь на сосредоточенных элементах:

Тип сопротивления источника – RES (R=50 Ом),

Тип сопротивления нагрузки – PRC +L (R=50 Ом, C=5 пФ, L=1 нГн),

Частота согласования – 500 МГц,

Класс согласующей цепи - 3-section lumped element.

Выполнить синтез для всех структур класса и выбрать наилучший по полюсе.

2. Реализовать согласующую цепь на распределенных элементах:

Класс структуры реализации – TL+stub.

Выполнить синтез для всех структур класса и выбрать наилучший по площади топологии.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Синтез фильтров в среде AWR DE	
2		
3		
4		
5		Контрольная работа
6	Синтез согласующих цепей в среде AWR DE	
7		
8		
9		
10		Контрольная работа

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 70 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на зачет с оценкой (дифф. зачет).

на практических занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 70 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на зачет с оценкой (дифф. зачет).

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

Оценка за контрольную работу формируется по следующей шкале:

«Отлично» – контрольная работа выполнена без замечаний;

«Хорошо» – контрольная работа выполнена с незначительными замеча-

ниями;

«Удовлетворительно» – контрольная работа выполнена с ошибками;

«Не удовлетворительно» – контрольная работа не выполнена или выполнена с грубыми ошибками.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом; рабочее место преподавателя, оснащенное персональным компьютером, проектором с экраном; меловой или маркерной доской.	Windows 7 и выше; Microsoft Office 2007 и выше; Adobe Acrobat Reader
Практические занятия	Компьютерный класс	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом; рабочее место преподавателя, оснащенное персональным компьютером, проектором с экраном; меловой или маркерной доской. Персональные компьютеры с ПО.	Windows 7 и выше; Microsoft Office 2007 и выше; Adobe Acrobat Reader; САПР NI AWR DE
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	Windows 7 и выше; Microsoft Office 2007 и выше; Adobe Acrobat Reader

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА