

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

**Методические указания для самостоятельной работы
при изучении дисциплины (модуля)**

Дисциплина	Б1.О.23 Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны <small>код и наименование дисциплины</small>
Специальность	11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы <small>код и наименование специальности</small>
Специализация	Радиоэлектронные системы передачи информации <small>наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы</small>
Разработчик	Гурин А.В., доцент <small>ФИО, должность, уч.степень, уч. звание</small>

Мурманск
2019

Составитель – Гурин Алексей Валентинович, доцент кафедры радиоэлектронных систем и транспортного радиоборудования Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой радиоэлектронных систем и транспортного радиоборудования 19 ноября 2019 г., протокол № 8.

Оглавление

Введение.....	4
Тематический план.....	5
Список рекомендуемой литературы.....	6
Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины.....	7

Введение

Целью данной дисциплины является формирование компетенций в эксплуатационно-технической и научно-исследовательской областях профессиональной деятельности, в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и учебным планом для специальности 11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы" в области создания и эксплуатации СВЧ-трактов и антенных устройств различного назначения на основе изучения принципов функционирования устройств СВЧ и антенн, изучения аналитических и численных методов их расчета (включая сочетание методов электродинамики и теории цепей СВЧ). Обучающийся должен ознакомиться с типовыми узлами и элементами, их электрическими моделями и конструкциями, применяемыми в системах автоматизированного проектирования устройств СВЧ и антенн

- Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой обучающихся).

- Самостоятельная работа обучающихся (далее – СРО) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности обучающегося. СРО играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРО должна стать эффективной и целенаправленной работой обучающихся.

- К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом СРО играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

- В процессе самостоятельной работы обучающийся приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

- Формы самостоятельной работы обучающихся разнообразны. Они включают в себя:

- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, патентной, статистической, периодической и научной информации;

- подготовку докладов и рефератов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ;
- участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.
- Самостоятельная работа приобщает обучающихся к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.
- Основной формой самостоятельной работы обучающегося является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и лабораторных занятиях.

Тематический план

1. Введение. Особенности диапазона СВЧ. Особенности линий передачи СВЧ.
2. Электродинамика СВЧ. Дисперсные волны и линии передач.
3. Волноводы.
4. Длинные линии и цепи СВЧ.
5. Методы согласования передающих линий.
6. Волноводные и полосковые мосты.
7. Невзаимные устройства СВЧ на ферритах.
8. Электромагнитное поле и характеристики антенн.
9. Виды антенны СВЧ.
10. Применение САПР при исследовании и проектировании устройств СВЧ диапазона.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. Под ред. академика Н.Д. Девятова / Учебник для студентов вузов по специальности «Электронные приборы», 2-е изд., М., «Высш. школа», 1970. – т.1, 440 с., ил.
2. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ : Учеб. для радиотехнич. спец. Вузов. – М.: Высш. шк., 1988. – 432 м.: ил.
3. Виноградов А.Ю., Кабетов Р.В., Сомов А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны. / Учеб пособие для вузов. Под ред. А.М.Сомова. М.: Горячая линия – телеком, 2012 г., 440 с.: ил.
4. Шаров Г.А. Основы теории сверхвысокочастотных линий передач, цепей и устройств. / Научное издание. М.: Горячая линия – телеком, 2016 г., 470 с.: ил.
5. Максимов В.М. Линии передачи СВЧ диапазона : Учеб.пособие для вузов / М-во образования РФ. - М. : Сайнс-Пресс, 2002. - 80 с. : ил. - (Конспекты лекций по радиотехническим дисциплинам. Вып.32).
6. Максимов В.М. Устройства СВЧ: Основы теории и элементы тракта : Учеб.пособие для вузов / М-во образования РФ. - М. : Сайнс-Пресс, 2002. - 72 с. : ил. - (Конспекты лекций по радиотехническим дисциплинам. Вып.3).

Дополнительная литература

1. Архипов Н.С., Архипов С.Н., Полянский И.С., Сомов А.М. Методы анализа волноводных линий передачи. : Учеб. пособие для вузов / Под ред. заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., проф. А.М. Сомова. М.: Горячая линия – телеком, 2017 г., 114 с.: ил.
2. Д.т.н., профессор А.И. Фалько. Расчет преселекторов радиоприемных устройств микроволнового диапазона: Учебное пособие / СибГУТИ. – Новосибирск, 2008 г. – 50 с.
3. Банков С.Е., Курушин А.А. Электродинамика и техника СЧВ для пользователей САПР : Научное издание / Горячая линия-телеком. – Москва, 2008 г. – 276 с.

Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины

1. Введение. Особенности диапазона СВЧ. Особенности линий передачи СВЧ.

Содержание

Поддиапазоны СВЧ (L, X, Ku, K, Ka, mm), Влияние СВЧ излучения на живые организмы, Размеры и параметры линий передачи СВЧ, размеры и параметры СВЧ устройств.

Рекомендуемая литература [1], С. 9-20, [2], С 4-12.

Вопросы для самопроверки

1. Почему обычный колебательный контур не может использоваться в диапазоне СВЧ?
2. Объясните механизм взаимодействия СВЧ с телом человека.
3. Назовите отличия СВЧ схем и линий передачи от обычных.

2. Электродинамика СВЧ. Дисперсные волны и линии передач.

Содержание

Основные положения классической электродинамики. Уравнения Максвелла. Решение волнового уравнения для произвольной передающей линии. Фазовая скорость и длина волны в передающих линиях СВЧ. Дисперсия в передающих линиях СВЧ. Свойства дисперсных волн. Групповая скорость волн и скорость перемещаемой энергии.

Рекомендуемая литература [1], С. 20-49 [5], С. 4-47

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой линия передачи СВЧ?
2. Получите уравнение Гельмгольца из системы уравнений Максвелла.
3. Объясните решения уравнения Гельмгольца.
4. В чем разница в волнах в линии передачи при наличии либо отсутствии продольной составляющей электромагнитного поля?
5. Какие условия отсутствия продольной составляющей электромагнитного поля?

3. Волноводы.

Содержание

Волноводы прямоугольного сечения. Волноводы круглого сечения. Коаксиальные и многопроводные линии передач. Диэлектрические линии

передач. Микрополосковые линии передач. Неоднородности в линиях передач. Метод эквивалентных схем.

Рекомендуемая литература [1], С. 49-151 [5], С. 32-47

Вопросы для самопроверки

1. Какова структура поля на основной моде прямоугольного волновода?
2. Какова структура поля на основной моде круглого волновода?
3. Что такое критическая длина волны? Как ее определить для любой моды прямоугольного либо круглого волновода?
4. На какой моде можно добиться наименьшего погонного затухания?
5. Какие линии обеспечивают минимальное затухание волн?
6. Как влияет на электромагнитное поле неоднородность в волноводе?
7. Как можно упростить расчет влияния неоднородности?

4. Длинные линии и цепи СВЧ.

Содержание

Физические основы распространения электромагнитных колебаний в передающих линиях. Коэффициент отражения, коэффициент стоячей волны. Круговая диаграмма полных сопротивлений.

Рекомендуемая литература [1], С. 181 – 201, [2], С 12 – 42, [5], С. 10-48

Вопросы для самопроверки

1. Какая связь между волноводом и эквивалентной длинной линией?
2. Какие режимы работы длинной линии существуют?
3. Как изменяется входное сопротивление нагруженного отрезка длинной линии
4. Опишите диаграмму Вольперта-Смита.

5. Методы согласования передающих линий.

Содержание

Методы согласования передающих линий. Узкополосное согласование шлейфом и четвертьволновым трансформатором. Ступенчатые и плавные переходы для широкополосного согласования активных нагрузок. Широкополосное согласование комплексных нагрузок.

Рекомендуемая литература [1], С. 181 – 235, [2], С 12 – 47, [5], С. 10-48

Вопросы для самопроверки

1. Как согласовать активно-реактивную нагрузку с линией при помощи четвертьволнового трансформатора?

2. Как согласовать активно-реактивную нагрузку с линией при помощи реактивности или реактивного шлейфа?

3. Каким образом по измерениям с измерительной линии можно узнать неизвестное сопротивление нагрузки?

4. В каком случае нагрузку нельзя согласовать одной лишь реактивностью?

5. Каким образом производится согласование линии с нагрузкой в полосе частот?

6. Волноводные и полосковые мосты

Содержание

Двух и многоканальные делители мощности. Направленные ответвители: щелевой мост, двойной Т- мост, гибридное кольцо. Основные методики расчёта.

Рекомендуемая литература [1], С. 273 – 290, [2], С 102 – 122.

Вопросы для самопроверки

1. Как работает направленный ответвитель?
2. Как работает двойной волноводный тройник?
3. Как работает волноводный щелевой мост?
4. Как работает полосковый кольцевой мост?

7. Невзаимные устройства СВЧ на ферритах

Содержание

Управляющие и ферритовые устройства СВЧ. Понятие о феррите. Ферритовые фазовращатели и циркуляторы. Перестраиваемые ферритовые фильтры. Коммутаторы и фазовращатели СВЧ

Рекомендуемая литература [1], С. 254 – 265, 290 - 294 [2], С 150 – 181.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое феррит? Зачем ферриту необходимо подмагничивание?
2. Принцип взаимодействия подмагниченного феррита с СВЧ полем. Ферромагнитный резонанс.
3. Принцип построения поглотительных вентилей на феррите.
4. Принцип построения отражательных вентилей на феррите.
5. Принцип построения невзаимных фазовращателей на феррите.
6. Опишите принцип построения циркуляторов на феррите с невзаимными фазовращателями.
7. Опишите фарадеевский эффект в феррите и фарадеевский циркулятор.

8. Электромагнитное поле и характеристики антенн

Содержание

Основные электрические параметры и характеристики антенн. Расчет электромагнитных полей излучающих систем в дальней, промежуточной и ближней волновых зонах. Проблемы электромагнитной совместимости близкорасположенных антенн. Векторная комплексная диаграмма направленности. Вторичные параметры, характеризующие направленность и согласование антенн с линией антенн.

Рекомендуемая литература [2], С 181 – 222.

Вопросы для самопроверки

1. Какую функцию выполняют антенны?
2. Что такое комплексная векторная диаграмма направленности антенны?
3. Перечислите основные параметры антенн.
4. Каким образом разделяют ближнюю, промежуточную и дальнюю волновые зоны антенны?

9. Виды антенны СВЧ.

Содержание

Вибраторные и щелевые антенны. Линейные антенны и решетки. Фазированные антенные решетки. Частотно-независимые антенны. Антенны бегущей волны. Апертурные антенны. Рупорные и зеркальные параболические антенны. Разновидности зеркальных антенн. Электромагнитная совместимость.

Рекомендуемая литература [2], С 222 – 415.

Вопросы для самопроверки

1. В чем главная особенность всех СВЧ антенн?
2. Как работает фазированная антенная решетка?
3. Как строятся антенны с очень широкой полосой пропускания?
4. Как строятся антенны с очень высоким КНД?
5. Какие особенности применения рупорных и зеркальных антенн?

10. Применение САПР при исследовании и проектировании устройств СВЧ диапазона.

Содержание

Применение САПР при исследовании и проектировании устройств СВЧ диапазона. Обзор основных программ, используемых для проектирования и моделирования СВЧ устройств. Основные методы расчета цепей и устройств СВЧ.

Рекомендуемая литература [2], С 70 – 122, [3], [4], доп. [3]

Вопросы для самопроверки

1. Каковы математические основы применения САПР? Опишите матрицы параметров, используемых при расчете цепей СВЧ.
2. В каких случаях применим метод моментов? Что он собой представляет? Какое ПО его использует?
3. В каких случаях применим метод конечных элементов? Что он собой представляет? Какое ПО его использует?
4. Опишите ПО HFSS. Применение, ограничения, используемый метод расчета.
5. Опишите ПО Microwave Office. Применение, ограничения, используемый метод расчета.
6. Какое ПО удобнее использовать при расчете усилителя СВЧ на транзисторах с применением полосковых фильтров?