

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

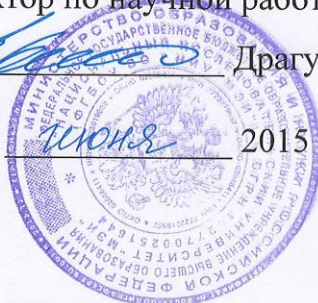
«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 »

2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.09.05 Теоретическая электротехника

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Сверхвысокочастотная электротехника»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.2

Всего: 108 часов

Семестр 3, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 878, и паспорта специальности 05.09.05 Теоретическая электротехника, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является изучение подходов к рациональному построению систем и устройств сверхвысокочастотной электротехники.

Задачами дисциплины являются:

- изучение свойств материальных сред в слабых и сильных сверхвысокочастотных электромагнитных полях;
- ознакомление с элементной базой техники сверхвысоких частот (СВЧ);
- ознакомление с научными основами генерирования, передачи и преобразования СВЧ электромагнитных колебаний.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6);
- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

- владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

- готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);

- способность проведения исследований по проблемам анализа, синтеза и диагностики электрических и магнитных цепей и полей в стационарных и нестационарных режимах (ПК-1);

- способность проведения исследований электрофизических и электромагнитных явлений и процессов в различных средах для нужд электронной, приборостроительной, электротехнической промышленности, средств вычислительной техники и связи (ПК-2).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);

уметь:

- проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные (УК-2);

- использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);

- проводить исследования по проблемам анализа, синтеза и диагностики электрических и магнитных цепей и полей в стационарных и нестационарных режимах (ПК-1);

- проводить исследования электрофизических и электромагнитных явлений и процессов в различных средах для нужд электронной, приборостроительной, электротехнической промышленности, средств вычислительной техники и связи (ПК-2);

- разрабатывать новые методы исследования и применять их в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

- организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности и заниматься преподавательской деятельностью по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-4);

владеть:

- методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

- навыками работы с профессиональным программным обеспечением, реализующим численные методы расчета электромагнитных полей (ПК-2).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Уравнения Максвелла в реальных средах.

Учет электрофизических свойств сред при интегрировании уравнений Максвелла. Классификация сред, особенности строения и электрофизических свойств газов, жидкостей, твердых тел. Поляризуемые среды. Модели процесса поляризации – уравнения нулевого, первого и второго порядка. Особенности описания «вязких» сред в частотной области. Применение преобразования Лапласа, интеграла свертки для расчета поляризации. Нелинейные среды. Механизмы пробоя в газах, жидкостях, твердых телах (диэлектрики и полупроводники). Сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики. Несовершенные среды, особенности полупроводников. Описание во временной и частотной областях. Магнитные среды – диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Гиромагнитные явления, описание

гироманнитных сред. Особенности ферромагнетиков, доменная структура ферромагнетиков, переходные процессы в них. Ядерный магнитный резонанс, особенности технической реализации наблюдений.

2. Электромагнитные волны сверхвысоких частот.

Физические особенности электромагнитных колебаний СВЧ-диапазона. Основные уравнения электродинамики. Граничные условия для векторов электрического и магнитного полей. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости, тангенс угла диэлектрических потерь. Время диэлектрической релаксации.

3. Передающие линии сверхвысоких частот.

Полые металлические волноводы прямоугольного сечения, структуры полей в объеме волновода и токов в стенках. Свойства волны низшего типа H_{10} . Высшие типы волн. Микрополосковая линия, свойства волны квази-Т типа, эффективная диэлектрическая проницаемость, волновое сопротивление. Выбор материала подложки и характерных размеров сечения. Особенности структуры полей в ближней и дальней зонах неоднородности. Метод эквивалентных схем, использование понятия характеристического сопротивления. Простейшие типы неоднородностей в объемных и планарных линиях передачи: скачки поперечного сечения, диафрагмы, штыри, разветвления линий передачи. Резонансные неоднородности. Стоячие волны в линиях передачи СВЧ. Свойства стоячих электромагнитных волн, векторная диаграмма напряжений и токов. Коэффициент отражения и коэффициент стоячей волны. Круговая диаграмма полных сопротивлений и проводимостей в полярной системе координат, ее применение для анализа и расчетов СВЧ-устройств. Измерение КСВ и полных сопротивлений и проводимостей на СВЧ.

4. Элементы волноводной техники.

Разъемные и неразъемные соединения линий передачи, дроссельные устройства. Реализация режимов короткого замыкания и холостого хода. Физический смысл согласования, трансформаторы полных сопротивлений.

СВЧ-резонаторы. Общие свойства и параметры СВЧ-резонаторов. Виды колебаний. Собственная, нагруженная и внешняя добротности резонатора. Применение метода эквивалентных схем, трансформация параметров резонатора при изменении плоскости отсчета. Коэффициент полезного действия резонатора. Замедляющие системы. Общие свойства замедленных электромагнитных волн, коэффициент замедления волны. Особенности структуры поля замедленных волн. Сопротивление связи замедляющей системы.

5. Взаимодействие электромагнитного поля и плазмы.

Плазма, модели строения плазмы, их особенности. Плазма в природных явлениях – линейные молнии, шаровые молнии, ионосфера Земли. Простейшие модели взаимодействия плазмы с электромагнитным полем, эффективная диэлектрическая проницаемость плазмы. Особенности расчета в различных диапазонах частот. Особенности взаимодействия заряженных частиц и их ансамблей. Термодинамические и квантовые явления. Особенности процессов ионизации в различных средах. Генерация плазмы. Эффекты экранирования электромагнитных полей. Уравнения Максвелла-Власова, расчет динамики плазмы на основе гидродинамики. Магнитогидродинамика.

6. Введение в релятивистскую электродинамику.

Историческая справка. Опыт Майкельсона-Морли, преобразования Лоренца, различные объяснения результатов. Специальная теория относительности. Четырехвекторы электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в релятивистской формулировке. Ускорение и замедление релятивистских частиц. Взаимодействие релятивистских частиц. Ускорители частиц. Резонансный метод ускорения частиц. Связь с квантовой механикой. Квантовая электродинамика.

7. Перспективные направления в электродинамике.

Общие принципы формирования направленного электромагнитного излучения. Активные фазированные антенные решетки, анализ и синтез,

управление диаграммой направленности. Резонансные явления, диэлектрические резонаторы, влияние различных факторов на добротность и спектр колебаний резонатора. Перспективные конструкции миниатюрных СВЧ устройств. Метаматериалы, активные среды. Перспективные направления в области микроминиатюризации излучающих элементов. Электрическое, магнитное и иное управление свойствами сред, электрическая настройка параметров устройств. Особенности построения одно- и многомодовых диэлектрических волноводов и волоконно-оптических кабелей. Применение эффектов Фарадея и Поккельса в измерительной технике.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 3 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Уравнения Максвелла в реальных средах.
2. Классификация сред, особенности строения и электрофизических свойств газов, жидкостей, твердых тел.
3. Особенности описания «вязких» сред в частотной области. Применение преобразования Лапласа, интеграла свертки для расчета поляризации.
4. Особенности ферромагнетиков, доменная структура ферромагнетиков, переходные процессы в них.
5. Электромагнитные волны сверхвысоких частот. Физические особенности электромагнитных колебаний СВЧ-диапазона.
6. Граничные условия для векторов электрического и магнитного полей.
7. Комплексные диэлектрическая и магнитная проницаемости, тангенс угла диэлектрических потерь. Время диэлектрической релаксации.
8. Полые металлические волноводы прямоугольного сечения,

структуры полей в объеме волновода и токов в стенках.

9. Микрополосковая линия, свойства волны квази-Т типа.
10. Простейшие типы неоднородностей в объемных и планарных линиях передачи: скачки поперечного сечения, диафрагмы.
11. Стоячие волны в линиях передачи СВЧ. Свойства стоячих электромагнитных волн, векторная диаграмма напряжений и токов. Коэффициент отражения и коэффициент стоячей волны.
12. Физический смысл согласования, трансформаторы полных сопротивлений. СВЧ-резонаторы. Общие свойства и параметры СВЧ-резонаторов.
13. Взаимодействие электромагнитного поля и плазмы. Плазма, модели строения плазмы, их особенности.
14. Плазма в природных явлениях – линейные молнии, шаровые молнии, ионосфера Земли.
15. Генерация плазмы. Эффекты экранирования электромагнитных полей.
16. Уравнения Максвелла-Власова, расчет динамики плазмы на основе гидродинамики. Магнитогидродинамика.
17. Опыт Майкельсона-Морли, преобразования Лоренца, различные объяснения результатов.
18. Специальная теория относительности. Четырехвекторы электромагнитного поля.
19. Уравнения Максвелла в релятивистской формулировке.
20. Ускорение и замедление релятивистских частиц. Взаимодействие релятивистских частиц. Ускорители частиц. Резонансный метод ускорения частиц.
21. Общие принципы формирования направленного электромагнитного излучения. Активные фазированные антенные решетки.
22. Электрическое, магнитное и иное управление свойствами сред, электрическая настройка параметров устройств.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В. Теоретические основы электротехники, №1-3. – СПб: Питер, 2003.
2. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника. – М.: Наука, 2008.
3. Григорьев А.Д. Электродинамика и микроволновая техника. – Лань, 2007. – 708 с.
4. Диденко А.Н. СВЧ-энергетика: Теория и практика. – М.: Наука, 2003.
5. Robert G. Jahn. Physics of Electric Propulsion. – L.: Dover Publications, 2006.

Дополнительная литература:

1. Барыбин А.А. Электродинамика волноведущих структур. Теория возбуждения и связи волн. – М.: Физматлит, 2007. – 512 с.
2. Капцов А.В. Методы интегрирования уравнений с частными производными. – М.: Физматлит, 2009. – 184 с.
3. Белоконь А.В., Скалиух А.С. Математическое моделирование необратимых процессов поляризации. – М.: Физматлит, 2010. – 328 с.
4. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2009. – 286 с.
5. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. Том 1 / под ред. Н.Д. Девяткова. Интернет, 2008. – Режим доступа:<http://www.login.ru/books/18115>.