

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

по научной работе

Драгунов В.К.

---

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В  
АСПИРАНТУРУ**

Группа научных специальностей – 2.2. Электроника, фотоника,  
приборостроение и связь

Научная специальность – 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Москва, 2022

# 1 ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

## 1.1. Уравнения Максвелла

Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Граничные условия. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Электродинамические потенциалы. Волновые уравнения и уравнения Гельмгольца.

Геометрическая оптика. Уравнение эйконала. Уравнения лучей. Принцип Ферма.

## 1.2. Основные принципы теории электромагнитного поля

Теорема Пойнтинга. Условия излучения на бесконечности. Единственность решений граничных задач для уравнений Максвелла. Лемма Лоренца. Принцип эквивалентности. Теорема взаимности. Принцип двойственности.

## 1.3. Направляемые волны

Уравнения электродинамики для направляемых волн. Теория и классификация свободных волн в продольно-регулярных направляющих системах. Типы направляющих систем. Полые и коаксиальные волноводы. Диэлектрические волноводы и линии поверхностных волн.

## 1.4. Элементарные источники

Поле элементарных источников (электрических и магнитных вибраторов, рамок) в свободном пространстве. Сопротивление и проводимость излучения элементарных излучателей. Щели в экране как магнитные излучатели. Проводимость излучения односторонней и двусторонней щелей в экране. Элемент Гюйгенса. Вращающееся поле и простейший способ его создания. Коэффициент поляризации.

## 1.5. Распространение, отражение и преломление радиоволн

Распространение радиоволн (РРВ) в однородных поглощающих средах. Отражение и преломление плоской волны при падении на плоскую границу раздела двух сред. Скин-эффект. Полное внутреннее отражение. Влияние параметров сред на коэффициент отражения.

## **1.6. РРВ около земной поверхности и в тропосфере**

Излучение элементарного вибратора над плоской поверхностью. Интерференционная формула. Расстояние прямой видимости. Влияние свойств и кривизны земли на РРВ. Рефракция радиоволн в тропосфере. РРВ в атмосферном волноводе.

## **1.7. Влияние ионосферы на РРВ**

Причины ионизации верхних слоев атмосферы. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Особенности РРВ в плазме, фазовая и групповая скорости РРВ. Поглощение, преломление и отражение радиоволн, влияние магнитного поля на РРВ в ионосфере.

# **2 УСТРОЙСТВА СВЧ**

## **1.1. Линии передачи и методы их согласования с нагрузкой на СВЧ**

Нормированное описание режима в линиях СВЧ. Режимы работы длинной линии. Круговая диаграмма нормированных сопротивлений и проводимостей. Узкополосное и широкополосное согласование линии передачи с нагрузкой.

## **1.2. Элементы и узлы фидерного тракта**

Классификация линий передачи по диапазонам частот и типам колебаний. Волноводы, коаксиальные линии, микрополосковые линии, диэлектрические и квазиоптические линии передачи. Элементы линий передачи: разъемы, вращающиеся сочленения, возбудители и пр.

## **1.3. Матричная теория цепей СВЧ**

Описание свойств линейных четырехполюсников с помощью нормированных классических матриц передачи и матриц рассеяния. Матрицы простейших четырехполюсников. Способы декомпозиции сложных устройств СВЧ. Описание многополюсников СВЧ с помощью нормированных матриц рассеяния, сопротивлений и проводимостей. Свойства матриц многополюсников при подключении нагрузок и объединении нескольких узлов в общую схему.

## **1.4. Делители мощности, балансные коммутирующие и фазирующие устройства СВЧ**

Тройники и их матрицы рассеяния, делители мощности. Балансные восьмиполюсные устройства СВЧ, их свойства, особенности расчета и применения. Коммутаторы СВЧ, фазовращатели. Полупроводниковые PIN-диоды и их применение.

Свойства подмагниченных ферритов на СВЧ: феррорезонанс, эффект Фарадея, эффект смещения поля и другие эффекты. Ферритовые вентили, фазовращатели, циркуляторы и переключатели на линиях передачи различных типов.

## **3 АНТЕННЫ**

### **3.1. Параметры передающих и приемных антенн**

Амплитудная, фазовая и поляризационная характеристики антенн. Коэффициент направленного действия (КНД). КПД. Коэффициент усиления. Рабочая полоса частот и предельная мощность. Применение теоремы взаимности к анализу свойств антенны в приемном режиме. Мощность в нагрузке приемной антенны. Эффективная поверхность и шумовая температура приемной антенны.

### **3.2. Вибраторные и щелевые антенны**

Симметричный вибратор в свободном пространстве. Распространение тока и заряда вдоль вибратора. Диаграмма направленности, сопротивление излучения, входное сопротивление вибратора. Разновидности вибраторных антенн. Щелевые антенны.

### **3.3. Линейные излучающие системы**

Диаграмма направленности системы идентичных и одинаково ориентированных в пространстве излучателей. Поле линейной равномерной эквидистантной решетки излучателей. Анализ множителя направленности. Режимы излучения. Зоны видимости, ширина луча, уровень боковых лепестков. Побочные главные максимумы и способы их подавления. Линейные непрерывные излучающие антенны. Зависимость КПД, ширины главного лепестка и уровня боковых лепестков от величины коэффициента замедления. Оптимальное замедление и оптимальная длина антенны в режиме осевого излучения. Влияние амплитудного и фазового распределения на параметры линейной антенны.

### **3.4. Апертурные антенны**

Теория апертурных антенн. Применение принципа эквивалентных поверхностных токов к расчету характеристик излучения антенн. Характеристика направленности плоского раскрыва. КНД плоского раскрыва. Коэффициент использования поверхности (КИП). Примеры апертурных антенн: рупорные и линзовые антенны. Зеркальные антенны. Параболические антенны. Влияние различных факторов на величину КИП.

Типы и конструкции облучателей зеркальных антенн. Двухзеркальные и другие разновидности зеркальных антенн.

### **3.5. Фазированные антенные решетки**

Плоские фазированные антенные решетки (ФАР). Различные законы размещения элементов. Условия отсутствия побочных главных максимумов. Ограничения на величину сектора сканирования. Разновидности схемы питания элементов ФАР.

#### Основная литература

1. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. – М. Высшая школа. 1992.
2. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Радио и связь, 2000.
3. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика. Под ред. Пименова Ю.В. – М.: Радио и связь, 2000.
4. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – М.: Высшая школа. 1988.
5. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов. Под ред. Воскресенского Д.И. – М: МАИ, 1999.
6. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решёток. Под ред. Воскресенского Д.И. – М.: Радиотехника, 2012

«Согласовано»

Директор ИРЭ  
к.т.н., доцент

Куликов Р.С.