

Вопросы к вступительному испытанию в аспирантуру по научной специальности 2.2.14 Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

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

2.1. 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.

2.2. 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, возбуждители и пр.

2.3. 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.

2.4. Делители мощности, балансные коммутирующие и фазирующие устройства СВЧ

Тройники и их матрицы рассеяния, делители мощности. Балансные восьмиполусные 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.

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.
7. Устройства СВЧ и антенны: учебник / А.А.Филонов, А.Н.Фомин, Д.Д.Дмитриев; ред. А.А.Филонов. – Красноярск: Сиб. федер. унив-т, 2014. – 492 с.
8. Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик: учеб. пособие для вузов / Ю.Е.Мительман, Р.Р.Абдуллин, С.С.Сычугов, С.С.Шабунин: под общ. ред. Ю.Е.Мительмана. – М.: Издательство Юрайт, 2017; Екатеринбург : Издат. Урал. ун-та. – 138 с. – Серия: Университеты России.
9. Волноводные антенные решетки и устройства СВЧ: монография / М.Б.Мануилов; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог; Издательство Южного федерального университета, 2021. – 314 с.
10. Исследование характеристик устройств СВЧ и антенн: учебно-методическое пособие / В.Л.Хандамиров и др. – 2-е изд., испр. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2021. – 74 с.
11. Основы компьютерного моделирования антенн и СВЧ-устройств в программе HFSS ANSYS: учебное пособие / Н.Н.Кисель, К.В.Марков; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог; Издательство Южного федерального университета, 2021. – 166 с.