

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт информационных технологий и радиозлектроники



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

Галкин А.А.

« 1 » 09 20 21 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
АНТЕННЫ И МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА СРЕДСТВ СВЯЗИ

направление подготовки / специальность

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

направленность (профиль) подготовки

Мобильные средства связи

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Антенны и микроволновые устройства средств связи» является приобретение знания, умения и навыков, обеспечивающих достижение целей основной образовательной программы по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и подготовка в области радиотехники и инфотелекоммуникаций для решения задач создания новой и совершенствования существующих устройств связи и антенн.

Задачи:

1. Ознакомление с современной методологией научно-технического творчества.
2. Подготовка для использования радиотехнических знаний при решении практических задач по разработке и эксплуатации систем, устройств и комплексов радиотехнического профиля.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Антенны и микроволновые устройства средств связи» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.03).

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства |
|--|--|--|--|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | |
| УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | <p>УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации</p> <p>УК-1.2. Умее соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности</p> <p>УК-1.3. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений</p> | <p>Знает принципы сбора информации по работе антенн и устройств СВЧ.</p> <p>Умее использовать положения законов и методы расчёта электромагнитных полей при анализе устройств СВЧ и антенн,</p> <p>систематизировать их и использовать в профессиональной деятельности;</p> <p>Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками, методами принятия решений для решения задач</p> | Тестовые вопросы. Практико-ориентированное задание |

| | | инженерной деятельности в области СВЧ устройств и антенн. | |
|--|--|---|---|
| ПК-1 Способен осуществлять подготовку типовых технических проектов и первичный контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации на различные инфокоммуникационные объекты национальным и международным стандартам и техническим регламентам | ПК-1.1. Знает принципы системного подхода в проектировании систем связи (телекоммуникаций) ПК-1.2. Знает современные технические решения создания объектов и систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов, новейшее оборудование и программное обеспечение ПК-1.3. Умеет использовать нормативно-техническую документацию при разработке проектной документации ПК-1.4. Владеет навыками оформления проектной документации в соответствии со стандартами и техническими регламентами | Знает принципы системного подхода в проектировании систем связи (телекоммуникаций), методы обработки и представления результатов при проектировании СВЧ устройств и антенн. Умеет использовать нормативно-техническую документацию при проектировании СВЧ устройств и антенн. Владеет навыками оформления проектной документации в соответствии со стандартами и техническими регламентами при разработке СВЧ устройств и антенн различных типов. | Тестовые вопросы. Практико-ориентированное задание КП |
| ПК-2. Способен проводить предпроектную подготовку системного проекта телекоммуникационной системы | ПК-2.1. Знает современные требования по производительности, доступности, безопасности, масштабируемости, интеграции технологий, управляемости систем связи (телекоммуникаций) ПК-2.2. Умеет определять задачи, решаемые с помощью инфокоммуникационной системы и ожидаемые результаты ее использования ПК-2.3. Владеет навыками сравнительного анализа и определения рисков, связанных с реализацией различных вариантов | Знает современные требования по производительности, доступности, безопасности, масштабируемости, интеграции технологий, управляемости устройств СВЧ и антенн, систем связи Умеет определять задачи, решаемые с помощью инфокоммуникационной системы и оценивать ожидаемые результаты при проектировании СВЧ устройств и антенн. Владеет навыками сравнительного анализа и определения рисков, связанных с реализацией | Тестовые вопросы. Практико-ориентированное задание |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | различных вариантов решений при проектировании СВЧ устройств и антенн. | |
| ПК-3. Способен проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ | <p>ПК-3.1. Знает нормативно-правовые нормативно-технические и организационно-методические документы, регламентирующие проектную подготовку, внедрение и эксплуатацию систем связи (телекоммуникационных систем), строительство объектов связи</p> <p>ПК-3.2. Знает принципы построения технического задания при автоматизации проектирования средств и сетей связи и их элементов; структуру и основы подготовки технической и проектной документации</p> <p>ПК-3.3. Умеет выявлять и анализировать преимущества и недостатки вариантов проектных решений, оценивать риски, связанные с реализацией проекта</p> <p>ПК-3.4. Умеет использовать современные информационно-коммуникационные технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач проектирования и проведения расчетов</p> <p>ПК-3.5. Владеет навыками сбора исходных данных, необходимых для разработки проектной документации</p> | <p>Знает нормативно-правовые нормативно-технические и организационно-методические документы, регламентирующие проектную подготовку, внедрение и эксплуатацию систем связи, устройств СВЧ и антенн, строительство объектов связи. Знает методы автоматизированного проектирования и прикладные компьютерные программы. Умеет выявлять и анализировать преимущества и недостатки вариантов проектных решений, оценивать риски, связанные с реализацией проекта по разработке антенн и устройств СВЧ для систем связи. Умеет использовать специализированное программное обеспечение при проектировании антенн и устройств СВЧ. Владеет навыками сбора исходных данных, необходимых для разработки проектной документации систем связи касающихся вопросов антенн и устройств СВЧ.</p> | Тестовые вопросы. Практико-ориентированное задание |

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Тематический план форма обучения – очная

| № п/п | Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Контактная работа обучающихся с педагогическим работником | | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации |
|----------------------------|--|---------|-----------------|---|----------------------|---------------------|---------------------------------|------------------------|--|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | в форме практической подготовки | | |
| 1 | Линии передачи СВЧ. | 5 | 1 | 2 | 1 | | | 9 | |
| 2 | Согласование линий передачи СВЧ. | 5 | 2,3 | 4 | 2 | 4 | 2 | 10 | |
| 3 | Матрицы рассеяния, их свойства и методы измерения. | 5 | 4,5 | 4 | 2 | 8 | 1 | 10 | |
| 4 | Многополосники СВЧ. | 5 | 6,7 | 4 | 2 | 8 | 1 | 10 | Рейтинг-контроль 1 |
| 5 | Основы теории антенн. | 5 | 8 | 2 | 1 | | 1 | 10 | |
| 6 | Основные параметры антенн и методы их измерения. | 5 | 9,10 | 4 | 2 | 4 | 2 | 10 | |
| 7 | Вибраторные и щелевые антенны. | 5 | 11, 12 | 4 | 2 | | 2 | 10 | Рейтинг-контроль 2 |
| 8 | Апертурные антенны и их свойства. | 5 | 13, 14 | 4 | 2 | 8 | 1 | 10 | |
| 9 | Зеркальные параболические антенны. | 5 | 15, 16 | 4 | 2 | | 1 | 10 | |
| 10 | Антенные решетки. | 5 | 17, 18 | 4 | 2 | 4 | 2 | 10 | Рейтинг-контроль 3 |
| Всего за 5 семестр: | | | | | | | | | |
| | | | | 36 | 18 | 36 | | 99 | Экзамен (27), КП |
| Наличие в дисциплине КП/КР | | | | | + | | | | |
| Итого по дисциплине | | | | 36 | 18 | 36 | | 99 | Экзамен (27), КП |

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Тема 1. Линии передачи СВЧ.

Основные параметры. Типы линий передачи. Общность их рассмотрения. Математическая модель регулярной линии передачи (ЛП). Нормированные напряжения и токи. Коэффициент отражения.

- Тема 2. Согласование линий передачи СВЧ. Векторные диаграммы. Различные режимы работы. Трансформация сопротивлений. Круговая диаграмма сопротивлений (диаграмма Вольперта). Необходимость согласования. Постановка задачи. Узкополосное согласование, алгоритмы и расчет схем согласования. Согласование в тракте со многими нерегулярностями.
- Тема 3. Матрицы рассеяния, их свойства и методы измерения. Виды матриц. Матрица рассеяния. Достоинства. Применение для описания работы устройств. Идеальные и реальные матрицы. Взаимность, отсутствие потерь и симметрия многополюсников. Следствия из унитарности матрицы рассеяния. Методы измерения элементов матрицы рассеяния.
- Тема 4. Многополюсники СВЧ. СВЧ многополюсники от двухполюсников до восьмиполюсников. Конструкции устройств СВЧ. Согласованные нагрузки, короткозамыкатели, переходы в ЛП, вращающиеся сочленения. Направленные ответвители и делители мощности. Ферритовые устройства.
- Тема 5. Основы теории антенн. Назначение и структурная схема антенны. Поле излучения антенны в дальней, ближней и промежуточной областях. Роль элементарных излучателей в определении параметров антенн. Основные теоремы.
- Тема 6. Основные параметры антенн и методы их измерения. Комплексная диаграмма направленности. Вторичные параметры, характеризующие направленность. КНД и коэффициент усиления антенны. Антенна как четырехполюсник. Входное сопротивление и сопротивление излучения. Методы измерения параметров антенн.
- Тема 7. Вибраторные и щелевые антенны. Электрический вибратор. Поле излучения вибратора, сопротивление излучения, КНД. Входное сопротивление вибратора. Щелевые антенны. Конструкции вибраторных и щелевых антенн. Способы их возбуждения. Полосковые и микрополосковые антенны. Сверхширокополосные антенны. Связанные вибраторы. Метод наводимых ЭДС.
- Тема 8. Апертурные антенны и их свойства. Способы расчета полей плоских раскрывов. КНД и эффективная поверхность плоского синфазного раскрыва. Излучение плоских раскрывов круглой и прямоугольной формы. Рупорные антенны. Линзовые антенны. Зеркальные антенны. Управление положением главного максимума.
- Тема 9. Зеркальные параболические антенны (ПА). Виды зеркал. Облучатели ПА. Разновидности антенн.
- Тема 10. Антенные решетки (АР). Теорема перемножения. Линейные и плоские антенные решетки. Фазированные антенные решетки. Управление положением луча. Режим сканирования. Рассогласование при сканировании. Многолучевые АР.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине.

- Тема 1. Изучение элементов волноводных трактов. Измерение матриц рассеяния элементов волноводных трактов.
- Тема 2. Исследование ферритовых устройств на прямоугольных волноводах. Измерение матриц рассеяния ферритовых устройств на прямоугольных волноводах.
- Тема 3. Многополюсники СВЧ. Измерение матрицы рассеяния многополюсников СВЧ в полосе частот.
- Тема 4. Узкополосное согласование. Узкополосное согласование комплексной нагрузки.
- Тема 5. Излучение рупорных антенн. Измерение диаграмм направленности рупорных антенн.
- Тема 6. Измерение коэффициента усиления рупорных антенн.

Измерение коэффициента усиления рупорных антенн методом плоского экрана .

Тема 7. Изучение линзовых антенн.

Измерение диаграмм направленности линзовых антенн.

Тема 8. Линейные антенные решетки.

Измерение диаграмм направленности линейных антенных решеток.

Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Линии передачи.

Основные параметры. Типы линий передачи. Общность их рассмотрения. Математическая модель регулярной линии передачи (ЛП). Нормированные напряжения и токи. Коэффициент отражения. Напряжения и токи в произвольном сечении ЛП. Расчет параметров ЛП.

Тема 2. Согласование ЛП.

Векторные диаграммы. Различные режимы работы. Трансформация сопротивлений. Круговая диаграмма сопротивлений (диаграмма Вольперта). Необходимость согласования. Постановка задачи. Узкополосное согласование, алгоритмы и расчет схем согласования. Согласование в тракте со многими нерегулярностям. Решение задач согласования.

Тема 3. Матрицы рассеяния, их свойства и методы измерения.

Виды матриц. Матрица рассеяния. Достоинства. Применение для описания работы устройств.

Идеальные и реальные матрицы. Взаимность, отсутствие потерь и симметрия устройств.

Следствия из унитарности матрицы рассеяния. Составные многополюсные устройства.

Тема 4. Многополюсники СВЧ.

СВЧ многополюсники от двухполюсников до восьмиполюсников. Конструкции устройств

СВЧ. Согласованные нагрузки, короткозамыкатели, переходы в ЛП, вращающиеся сочленения. Направленные ответвители и делители мощности. Ферритовые устройства.

Составные многополюсные устройства.

Тема 5. Основы теории антенн.

Назначение и структурная схема антенны. Поле излучения антенны в дальней, ближней и промежуточной областях. Роль элементарных излучателей в определении параметров антенн.

Тема 6. Основные параметры антенн и методы их измерения.

Комплексная диаграмма направленности. Вторичные параметры, характеризующие направленность, КНД и коэффициент усиления антенны. Антенна как четырехполюсник.

Входное сопротивление и сопротивление излучения. Методы измерения параметров антенн.

Расчет параметров антенн.

Тема 7. Вибраторные и щелевые антенны.

Электрический вибратор. Поле излучения симметричного электрического вибратора, диаграмма направленности, сопротивление излучения, КНД. Расчет ДН вибраторных антенн.

Входное сопротивление вибратора. Щелевые антенны. Конструкции вибраторных и щелевых антенн. Способы их возбуждения. Полосковые и микрополосковые антенны.

Сверхширокополосные антенны. Связанные вибраторы. Метод наводимых ЭДС

Тема 8. Апертурные антенны и их свойства.

Способы расчета полей плоских раскрытий. КНД и эффективная поверхность плоского синфазного раскрытия. Излучение плоских раскрытий круглой и прямоугольной формы.

Рупорные антенны. Линзовые антенны. Зеркальные антенны. Управление положением главного максимума.

Тема 9. Зеркальные параболические антенны (ЗПА).

Виды зеркал. Облучатели ПА. Разновидности антенн. Расчет ЗПА различных типов.

Тема 10. Антенные решетки (АР).

Теорема перемножения. Линейные и плоские антенные решетки.

Фазированные антенные решетки. Управление положением луча. Режим сканирования. Рассогласование при сканировании. Многолучевые АР. Расчет АР.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Рейтинг-контроль 1. Тесты

Вариант 1

1. Согласованная нагрузка обеспечивает режим волн:
 - 1) стоячих;
 - 2) бегущих;
 - 3) смешанных;
2. Значение КСВ при согласованной нагрузке:
 - 1) 0;
 - 2) 2;
 - 3) 1;
3. Через четверть длины волны короткое замыкание трансформируется в:
 - 1) волновое сопротивление ЛП;
 - 2) короткое замыкание;
 - 3) холостой ход;
4. Согласованная нагрузка на диаграмме полных сопротивлений и проводимостей находится:
 - 1) в центре диаграммы;
 - 2) на внешней окружности;
 - 3) в верхней точке диаграммы;

Вариант 2

1. Нормированное сопротивление согласованной нагрузки имеет:
 - 1) активное сопротивление равно нулю;
 - 2) реактивное сопротивление равно единице;
 - 3) активное равно единице, реактивное – нулю;
2. Согласование параллельным шлейфом требует перехода к диаграмме проводимостей:
 - 1) да;
 - 2) нет;
 - 3) не имеет значения;
3. Недиagonальные элементы матрицы S измеряются при помощи:
 - 1) измерительной линии;
 - 2) короткого замыкания;
 - 3) детекторной секции;
4. Измерение больших КСВ выполняется методом:
 - 1) удвоенного минимума;
 - 2) скользящей нагрузки;
 - 3) трех эталонных нагрузок;

Вариант 3

1. Четвертьволновый трансформатор включается в то место ЛП, где:

- 1) активное сопротивление равно нулю;
- 2) реактивное сопротивление равно нулю;
- 3) активное и реактивное сопротивления равны нулю;
2. Матрица рассеяния S устанавливает связь между:
 - 1) токами и напряжениями в ЛП;
 - 2) сопротивлениями на входе и выходе устройства;
 - 3) комплексными амплитудами падающих и отраженных волн;
3. Какое свойство матрицы рассеяния говорит о недиссипативности устройства?:
 - 1) равенство нулю коэффициентов отражения;
 - 2) симметрия элементов матрицы S ;
 - 3) унитарность матрицы S ;
4. Указать метод измерения диагональных элементов матрицы S :
 - 1) метод замещения;
 - 2) метод вилки;
 - 3) метод скользящей нагрузки;

Рейтинг-контроль 2. Тесты

Вариант 1

1. Какая антенна относится к классу апертурных?
 - 1) рупорная;
 - 2) вибраторная;
 - 3) бегущих волн;
2. Входное сопротивление полуволнового симметричного электрического вибратора равно:
 - 1) 50 Ом;
 - 2) 73.1 Ом;
 - 3) 100 Ом;
3. В какой зоне измеряется диаграмма направленности (ДН) антенн
 - 1) ближней;
 - 2) промежуточной;
 - 3) дальней;
4. Какова ДН диполя Герца в плоскости вектора E :
 - 1) $\sin(\theta)$;
 - 2) $1 + \cos(\theta)$;
 - 3) 1;

Вариант 2

1. ДН антенны может измеряться:
 - 1) только в режиме передачи;
 - 2) только в режиме приема;
 - 3) как в режиме приема, так и в режиме передачи;
2. Ширина главного лепестка ДН по полю измеряется по уровню:
 - 1) 0.5;
 - 2) 0.707;
 - 3) 0.1;
3. Максимальный КНД имеет апертурная антенна, имеющая:
 - 1) равноамплитудный синфазный раскрыв;
 - 2) синфазный раскрыв при косинусоидальном распределении амплитуды;
 - 3) равноамплитудный раскрыв с квадратичным распределением фазы;
4. В каких пределах может изменяться коэффициент использования поверхности

антенны (КИП)?:

- 1) от 0 до 0.5;
- 2) от 0 до 1;
- 3) от 1 до бесконечности;

Вариант 3

1. Увеличение эффективной поверхности антенны в 2 раза приводит к:
 - 1) уменьшению КНД в 2 раза;
 - 2) увеличению КНД в 2 раза;
 - 3) увеличению КНД в 4 раза;
2. Как изменится КНД апертурной антенны, если ширина главного лепестка ДН в обеих плоскостях уменьшится в два раза?:
 - 1) увеличится в 2 раза;
 - 2) уменьшится в 2 раза;
 - 3) увеличится в 4 раза;
3. Сопротивление излучения полуволнового вибратора равно:
 - 1) 50 Ом;
 - 2) 73.1 Ома;
 - 3) 200 Ом;
4. Активное сопротивление симметричного электрического вибратора длиной, равной длине волны, равно:
 - 1) 50 Ом;
 - 2) 73.1 Ома;
 - 3) несколько тысяч Ом;

Рейтинг-контроль 3. Тесты

Вариант 1

1. Какой рупор называется E-секториальным?:
 - 1) размеры которого изменяются в плоскости вектора E;
 - 2) размеры которого изменяются в плоскости, ортогональной плоскости вектора E;
 - 3) размеры которого изменяются в обеих плоскостях;
2. Амплитудное распределение в E плоскости рупорной антенны является:
 - 1) косинусоидальным;
 - 2) равномерным;
 - 3) кубическим;
3. Оптимальным называется рупор, имеющий:
 - 1) самую большую длину;
 - 2) наибольшие размеры апертуры;
 - 3) максимальный КНД при минимальных размерах;
4. Что из перечисленного не может являться элементом линзовой антенны?:
 - 1) рупор малых размеров;
 - 2) зеркало;
 - 3) линза;

Вариант 2

1. Ускоряющая линза имеет показатель преломления :
 - 1) больше 1;
 - 2) меньше 1;

- 3) равный 1;
2. Квадратичная фазовая ошибка в апертуре линзовой антенны приводит к:
 - 1) расширению главного лепестка ДН и снижению уровня боковых;
 - 2)) расширению главного лепестка ДН и повышению уровня боковых;
 - 3) изменению положения главного лепестка в пространстве;
3. Какой тип зеркальных параболических антенн имеет ширину главного лепестка ДН, отличающуюся в плоскостях Е и Н в несколько раз?:
 - 1) параболоид вращения;
 - 2) усеченный параболоид ;
 - 3) параболический цилиндр;
4. Какая из зеркальных параболических антенн имеет более равномерное распределение в раскрыве?:
 - 1) длиннофокусная;
 - 2) среднефокусная;
 - 3) короткофокусная;

Вариант 3

1. Уравнение профиля зеркала зеркальной параболической антенны :
 - 1) $x^2 + y^2 = 4fz$;
 - 2) $xy = 4fz$;
 - 3) $x^2 + y^2 = 4f$;
2. При увеличении числа элементов линейной антенной решетки (АР) в 2 раза ширина главного лепестка:
 - 1) увеличится в 2 раза;
 - 2) уменьшится в 2 раза;
 - 3) уменьшится в 4 раза;
3. Резонансной волноводно-щелевой АР называется решетка с расстоянием между элементами равным:
 - 1) четверти длины волны в волноводе;
 - 2) длине волны в свободном пространстве;
 - 3) половине длины в волноводе;
4. Ширина главного лепестка ДН синфазной системы ненаправленных излучателей длиной L поуровню 0.707 составляет:
 - 1) $114\lambda/L$, град;
 - 2) $51\lambda/L$, град;
 - 3) $75\lambda/L$, град;

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Вопросы к экзамену.

1. Назначение и основные свойства антенн.
2. Классический и волновой подход к описанию свойств многополюсников СВЧ
3. Классификация антенн.
4. Матрица рассеяния S.
5. Входное сопротивление антенны
6. Связь между матрицами S, Z, Y.
7. Сопротивление излучения, мощность излучения, мощность потерь, полная мощность, КПД антенны.
8. Взаимность, симметрия и недиссипативность устройств СВЧ.
9. Зоны излучения.

10. Перенумерация входов устройств. Матрица перенумераций.
11. Диаграмма направленности антенны по полю и мощности
12. Методы измерения диагональных элементов матрицы S .
13. Фазовая характеристика направленности, поляризационная характеристика.
14. Методы измерения недиагональных элементов матрицы.
15. Ширина диаграммы направленности по уровням.
16. Измерение больших и малых КСВ
17. КНД антенны, связь КНД с размерами антенны, амплитудным и фазовым распределением.
18. Метод 3-х эталонных нагрузок
19. Коэффициент усиления (КУ) антенны. Способы измерения КУ
20. Метод замещения.
21. Действующая длина и эффективная площадь (поверхность) антенны. КИП антенны
22. Измерение элементов матрицы S на автоматическом измерителе в полосе частот
23. Максимально-допустимая мощность, рабочий частотный диапазон антенны.
24. Двойной Т-мост
25. Роль теории элементарных излучателей при определении поля
26. излучения антенны
27. Волноводно-щелевой направленный ответвитель
28. Принцип эквивалентных токов
29. Квадратный мост
30. Излучение элементарного электрического диполя
31. Гибридное кольцо
32. Излучение тонкого провода
33. Направленный ответвитель на связанных ЛП
34. Элементарный магнитный диполь
35. Ферритовый вентиль на эффекте смещения поля
36. Элементарная электрическая рамка
37. Ферритовый Y-циркулятор
38. Элемент Гюйгенса
39. Регулируемый ферритовый фазовращатель
40. Распределение тока и заряда на тонком вибраторе
41. Математическая модель регулярной линии передачи (ЛП)
42. ДН симметричного вибратора и её свойства
43. Нормированное напряжение и ток в ЛП. Векторная диаграмма токов и напряжений, распределение токов и напряжений в ЛП
44. Входное сопротивление антенны
45. Связь между матрицами S , Z , Y
46. Действующая длина симметричного вибратора
47. Режимы работы ЛП
48. Сопротивление излучения симметричного вибратора в широком диапазоне частот
49. Параметры, характеризующие режимы работы ЛП
50. Входное сопротивление симметричного вибратора в широком диапазоне частот
51. Влияние режима работы на КПД
52. Поле излучателей, одинаково направленных в пространстве. Теорема перемножения

53. Трансформация сопротивлений в ЛП
54. Линейные системы идентичных излучателей
55. Входное сопротивление и проводимость короткозамкнутого и разомкнутого отрезков ЛП
56. Два излучателя при разных фазовых соотношениях и расстояниях между элементами
57. Четвертьволновый и полуволновый трансформаторы сопротивлений
58. Свойства синфазной системы ненаправленных излучателей
59. Диаграмма полных сопротивлений и проводимостей
60. Система ненаправленных излучателей со сдвигом фаз между токами
61. Узкополосное согласование в ЛП. Основные принципы.
62. Примеры
63. Система направленных излучателей
64. Согласование параллельным шлейфом
65. Комплексное сопротивление системы вибраторов
66. Согласование последовательным шлейфом
67. Взаимное сопротивление параллельных полуволновых вибраторов
68. Согласование четвертьволновым трансформатором
69. Учет влияния земли на параметры вибраторов
70. Согласованные нагрузки
71. ДН вибратора над землей
72. Короткозамыкатели и реактивные нагрузки
73. ДН вибраторов над землей с конечной проводимостью
74. Изоляторы коаксиальных трактов
75. Настроенные вибраторы. Полуволновый вибратор и его свойства
76. Разъемы и сочленения. Вращающиеся сочленения
77. Схемы питания полуволновых вибраторов
78. Переходы между ЛП
79. Полуволновый вибратор с плоским рефлектором
80. Классический и волновой подход к описанию свойств многополосников СВЧ
81. Шлейф-вибратор Пистолькорса
82. Матрица рассеяния S
83. Схемы питания вибраторов гибким коаксиалом
84. Связь между матрицами S, Z, Y
85. Схемы питания вибраторов жестким коаксиалом
86. Взаимность, симметрия и недиссипативность устройств СВЧ
87. Несимметричные вибраторы и способы их питания
88. Перенумерация входов устройств. Матрица перенумераций
89. Несимметричные вибраторы с расширенной полосой
90. Методы измерения диагональных элементов матрицы S
91. Директорные антенны типа волновой канал
92. Методы измерения недиагональных элементов матрицы S
93. Антенны обратного излучения
94. Измерение больших и малых КСВ
95. Диполь Надененко
96. Метод 3-х эталонных нагрузок

97. Биконическая и коническая антенна
98. Метод замещения
99. Дisko-конусная антенна
100. Измерение элементов матрицы S на автоматическом измерителе в полосе частот
101. Угловая антенна
102. Двойной Т-мост
103. Частотно-независимая антенна. Принципы построения и свойства
104. Волноводно-щелевой направленный ответвитель
105. Плоские логопериодические антенны
106. Квадратный мост
107. Основные свойства апертурных антенн. КНД. Ширина главного лепестка ДН
108. Гибридное кольцо
109. Излучение прямоугольной и круглой площадок при разном амплитудном распределении поля (АР)
110. Направленный ответвитель на связанных ЛП
111. Диаграммы направленной синфазной прямоугольной и круглой площадок при разном АР
112. Ферритовый вентиль на эффекте смещения поля
113. Влияние фазовых искажений на излучение площадки
114. Ферритовый Y-циркулятор
115. Излучение открытого конца волновода
116. Регулируемый ферритовый фазовращатель
117. Оптимальный рупор
118. Математическая модель регулярной линии передачи (ЛП)
119. E-секториальный и H-секториальный рупор
120. Нормированное напряжение и ток в ЛП. Векторная диаграмма токов и напряжений, распределение токов и напряжений в ЛП
121. Пирамидальный рупор
122. Связь между матрицами S , Z , Y
123. Конический рупор
124. Режимы работы ЛП
125. Рупор с ассиметричной ДН
126. Параметры, характеризующие режимы работы ЛП
127. Состав ЛА, назначение элементов, типы
128. Влияние режима работы на КПД
129. Уравнение, определяющее профиль линзы
130. Трансформация сопротивлений в ЛП
131. Влияние линз на амплитудные распределения в апертуре ЛА
132. Входное сопротивление и проводимость короткозамкнутого и разомкнутого отрезков ЛП
133. Кубические и квадратичные фазовые искажения в ЛА
134. Четвертьволновый и полуволновый трансформаторы сопротивлений
135. Типы параболических антенн, их свойства. Уравнения параболоида вращения
136. Диаграмма полных сопротивлений и проводимостей
137. Расчет параболических антенн

138. Узкополосное согласование в ЛП. Основные принципы. Примеры
139. Облучатели параболических антенн. Связь амплитудного распределения в апертуре с ДН облучателя
140. Согласование параллельным шлейфом
141. ДН апертурной антенны, её связь с АР
142. Согласование последовательным шлейфом
143. Составное АР и апертурный КИП ПА
144. Согласование четвертьволновым трансформатором
145. Учет затенения раскрыва облучателя. КИП тени
146. Согласованные нагрузки
147. КИП рассеяния ПА
148. Короткозамыкатели и реактивные нагрузки
149. Измерение ДН антенн
150. Изоляторы коаксиальных трактов
151. Измерение поляризационных характеристик антенн
152. Разъемы и сочленения. Вращающиеся сочленения
153. Методы измерения коэффициента усиления антенн
154. Переходы между ЛП.
155. Измерение коэффициента усиления антенн по методу плоского экрана
156. Разъемы и сочленения. Вращающиеся сочленения
157. Определение входного сопротивления антенн путем измерения модуля и фазы коэффициента отражения
158. Переходы между ЛП

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

5.3.1. Задания, структурированные к СРС.

Задание 1. Рассчитать и построить в декартовой и полярной системах координат в нормированном и ненормированном виде диаграмму направленности симметричного электрического вибратора длиной $2l = \lambda/4 * n$, где n - порядковый номер студентов группы. Полученные результаты сравнить с результатами расчета соседних вариантов. Первый вариант сравниваем с элементарным электрическим вибратором, а последний сравниваем с вариантом, который имеет номер $n+1$.

Задание 2. Рассчитать и построить в декартовой и полярной системах координат в нормированном и ненормированном виде диаграмму направленности линейной антенной решетки системы полуволновых вибраторов в плоскости вектора E . Данные приведены в таблице.

| Варианты | Число излучателей | Расстояние между излучателями | Сдвиг | | | |
|-------------|-------------------|-------------------------------|-------|---------|-------|----------|
| | | | 0 | $\pi/2$ | π | $3\pi/2$ |
| 1,2,3,4 | 2 | $\lambda/2$ | 0 | $\pi/2$ | π | $3\pi/2$ |
| 4,6,7,8 | 2 | λ | 0 | $\pi/2$ | π | $3\pi/2$ |
| 9,10,11,12 | 2 | $3\lambda/2$ | 0 | $\pi/2$ | π | $3\pi/2$ |
| 13,14,15,16 | 2 | 2λ | 0 | $\pi/2$ | π | $3\pi/2$ |
| 17,18,19,20 | 3 | $\lambda/2$ | 0 | $\pi/2$ | π | $3\pi/2$ |
| 21,22,23,24 | 3 | λ | 0 | $\pi/2$ | π | $3\pi/2$ |
| 25,26,27,28 | 3 | $3\lambda/2$ | 0 | $\pi/2$ | π | $3\pi/2$ |

| | | | | | | |
|-------------|---|------------|---|---------|-------|----------|
| 29,30,31,32 | 3 | 2λ | 0 | $\pi/2$ | π | $3\pi/2$ |
|-------------|---|------------|---|---------|-------|----------|

Продемонстрировать при выполнении работы теорему перемножения.

Задание 3. Решить задачу узкополосного согласования с применением круговой диаграммы нормированных сопротивлений и проводимостей Вольперта, при следующих исходных данных.

| Вариант N | Сопротивление нагрузки | | Волновое сопротивление $Z_в$, Ом | Устройство согласования |
|--------------|------------------------|-------------|---|--------------------------------|
| | R_n , Ом | jX_n , Ом | | |
| 1 | 20 | +j20 | 50 | Параллельный К.З. шлейф |
| 2 | 30 | -j40 | 50 | Параллельный К.З. шлейф |
| 3 | 40 | +j40 | 50 | Параллельный Х.Х. шлейф |
| 4 | 10 | -j50 | 50 | Последовательный Х.Х. шлейф |
| 5 | 60 | +j70 | 50 | Четвертьволновый трансформатор |
| 6 | 70 | -j10 | 50 | Параллельный К.З. шлейф |
| 7 | 80 | +j20 | 50 | Последовательный. К.З шлейф |
| 8 | 90 | -j30 | 50 | Параллельный К.З. шлейф |
| 9 | 100 | +j40 | 50 | Последовательный Х.Х. шлейф |
| 10 | 110 | -j60 | 50 | Четвертьволновый трансформатор |
| 11 | 120 | +j70 | 50 | Четвертьволновый трансформатор |
| 12 | 130 | +j10 | 50 | Последовательный. К.З шлейф |
| 13 | 140 | -j20 | 50 | Четвертьволновый трансформатор |
| 14 | 150 | -j150 | 100 | Четвертьволновый трансформатор |
| 15 | 20 | -j170 | 100 | Последовательный Х.Х. шлейф |
| 16 | 30 | +j70 | 100 | Последовательный. К.З шлейф |
| 17 | 40 | -j110 | 100 | Параллельный К.З. шлейф |
| 18 | 50 | +j50 | 50 | Параллельный К.З. шлейф |
| 19 | 10 | -j10 | 50 | Параллельный К.З. шлейф |
| 20 | 20 | +j100 | 100 | Последовательный Х.Х. шлейф |
| 21 | 30 | -j120 | 50 | Последовательный. К.З шлейф |
| 22 | 40 | +j150 | 50 | Последовательный. |

| | | | | |
|----|----|---------|-----|---|
| 23 | 60 | $-j10$ | 100 | К.З шлейф Параллельный К.З. шлейф |
| 24 | 70 | $+j20$ | 50 | Последовательный. К.З шлейф |
| 25 | 80 | $-j160$ | 100 | Четвертьволновый трансформатор |

5.3.2. Тесты, структурированные к СРС.

- Между какими величинами устанавливает связь матрица рассеяния?
 - Между токами и напряжениями
 - Между комплексными амплитудами падающих и отраженных волн
 - Между напряжениями на входе и выходе
- Какой физический смысл свойства унитарности $[S]$?
 - Отсутствие потерь в устройстве
 - Равенство напряжений на входе и выходе
 - Симметричность входов
- Что называется коэффициентом стоячей волны?
 - Отношение напряжения на входе к напряжению на выходе
 - Отношение максимума и минимума электрического поля в линии передачи
 - Отношение $U_{\text{обрат}}$ и $U_{\text{пад}}$
- Как точнее измерить координату минимума?
 - Метод вилки
 - Метод замещения
 - Метод трех эталонных нагрузок
- Дает ли оставленный открытым (без нагрузок) конец волноводной измерительной линии режим холостого хода?
 - Да
 - Нет
 - Это согласованная нагрузка
- Чем отличаются взаимный и невзаимный фазовращатели?
 - Значением коэффициентов отражения
 - Равенством всех элементов матрицы
 - Значением коэффициента передачи
- Чем полностью описывается внешнее поведение устройства?
 - Значение элементов матрицы $[S]$
 - Количеством элементов матрицы
 - Числом ходов устройства
- Как измерить большое значение КСВ?
 - Метод замещения
 - Метод удвоенного минимума
 - Метод эталонной нагрузки
- Какой вентиль является более диапазонным?
 - На эффекте смещения поля
 - На эффекте ферромагнитного резонанса
- В чем состоит отличие матриц рассеяния идеальных и реальных вентилях, циркуляторов, фазовращателей?
 - Все нули в первых строках матрицы $[S]$
 - Все единицы по главной диагонали
 - Наличием нулей и единиц в идеальной матрице $[S]$
- Как определяется число полюсов многополюсника?

1. Число входов, умноженное на два
 2. Равно числу входов
 3. Число входов и независимых токов воли по входам, умноженное на два
12. Какова МР короткозамыкателя?
1. $pn = -1$
 2. $[S] = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$
 3. $[S] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
13. Как изменяются элементы МР многополосника при перемещении плоскостей отсчета?
1. Изменяются модули коэффициентов передачи
 2. Изменяются фазы всех элементов
 3. Изменяются модули и фазы всех элементов
14. Как сказывается на МР недиссипативность устройства?
1. Одинаковы коэффициенты передачи
 2. Нули на главной диагонали
 3. Сумма квадратов элементов любой строки
15. Какова периодичность в распределении $U'(z)$ и $I'(z)$?
1. Длина волны
 2. Половина длины волны
 3. Четверть длины волны
16. Какова связь Z' и Y' на диаграмме импедансов?
1. Это одна и та же точка
 2. Это диаметрально противоположные точки
 3. Это точки на линии $|r|=1$
17. Каким элементом выполняется согласование точек В и D?
1. Трансформатор сопротивлений
 2. Реактивный шлейф
18. Насколько отличаются длины разомкнутого и короткозамкнутого шлейфов?
1. на $\lambda/8$
 2. на $\lambda/4$
 3. на $\lambda/2$
19. От чего зависит положение главного максимума ДН решетки?
1. От сдвига фазы между элементами
 2. От амплитудного распределения
 3. От формы отдельных излучателей
20. Как влияет число элементов решетки на число боковых лепестков?
1. Увеличивается с увеличением n
 2. Уменьшается с увеличением n
 3. Не изменяется
21. Какие антенны называются резонансными?
1. $d = \lambda/4$
 2. $d = \lambda/d$
 3. $d = \lambda/8$
22. Какое амплитудное распределение дает наибольший коэффициент направленного действия?
1. Равномерное
 2. Спадающее к краю
 3. Квадратичное
23. Из-за чего в линзовой антенне возникает квадратичное фазовое распределение?
1. Смещение облучателя вдоль фокальной оси из фокуса
 2. Смещение облучателя поперек фокальной оси
24. от чего зависит коэффициент преломления металлопластинчатой линзы?
1. От расстояния между пластинами

2. От толщины пластин
 3. От диаметра линзы
25. Каково АР в рупорных антеннах?
1. Равномерное
 2. Косинусоидальное
 3. Квадратичное
26. Каково ФР в рупорных антеннах?
1. Равномерное
 2. Косинусоидальное
 3. Квадратичное
27. Как влияет квадратичное ФР на ДН?
1. Расширяет главный лепесток и увеличивает боковые
 2. Расширяет главный лепесток и уменьшает боковые
 3. Сужает главный лепесток

5.3.3. Темы курсового проекта и его содержание

При курсовом проектировании студент решает инженерную задачу по разработке устройства с заданными характеристиками. В процессе проектирования он должен:

- рационально спланировать выполняемую работу;
- освоить инженерные методы разработки устройства;
- выполнить расчеты параметров и характеристик устройства современными методами с достаточной точностью;
- логично и грамотно изложить результаты работы в пояснительной записке.

Значительная часть тем связана с разработкой и расчетом характеристик направленных антенн различных типов: параболических, линзовых, рупорно-линзовых, антенных решеток, многовибраторных антенн поверхностных волн и др.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки объемом 25-30 страниц формата А4 и 1-1,5 листа чертежей формата А1.

Пояснительная записка должна включать в себя:

1. Техническое задание на разработку (1 с.).
2. Введение (1 – 2 с.), в нем кратко определяется место разрабатываемого устройства в ряду других.
3. Анализ технического задания (3 - 5 с.), где рассматриваются возможные варианты решения задачи, принципы действия и назначение основных частей устройства, формируются требования к ним и обосновывается выбранный вариант.
4. Расчетная часть устройства (5 – 7 с.), где определяются основные геометрические размеры конструкции и рассчитываются электрические характеристики. Выполняется необходимое число коррекций данных исходного варианта до достижения требуемых характеристик.
5. Конструктивная разработка узла (3 – 5 с.) (если задана), в которой рассчитываются и обосновываются все размеры, материалы и элементы.
6. Описание конструкции (2 – 3 с.), где показывается взаимодействие основных частей, указаны особенности конструкции.
7. Заключение (1 – 2 с.) с выводами о результатах и возможных путях улучшения конструкции.
8. Список использованной литературы.
9. Содержание.

Типовые задания на курсовой проект

Варианты заданий к курсовому проекту по теме "Параболические антенны"

| Вариант | λ , см | Требования к ДН | | | Р, кВт | Поляризация | Другие указания (тип антенны, сканирование); Узел для разработки. |
|---------|----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------|-------------|---|
| | | КНД | $\Delta\theta_e$, град | $\Delta\theta_n$, град | | | |
| 1 | 0,8 | 5000 | - | - | - | Линейная | Корабельная; Антенный переключатель(АП) |
| 2 | 1,2 | - | 2 | 2 | - | Круговая | Сканирование в 2 плоскостях: сканер |
| 3 | 0,8 | 2000 | - | - | - | Круговая | Бортовая; поляризатор |
| 4 | 1,4 | - | - | 1 | 1 | Линейная | Бортовая; АП |
| 5 | 1,6 | 3800 | 10 | - | 2 | Линейная | Сканирование в плоскости E; вращающееся сочленение |
| 6 | 10,8 | - | 1 | 5 | 500 | Круговая | Стационарная; поляризатор |
| 7 | 12,0 | 1200 | 5 | 15 | 800 | Линейная | Подвижная; АП |
| 8 | 18,0 | - | - | 2 | 700 | Линейная | Стационарная; облучатель |
| 9 | 14,4 | 950 | 30 | - | 900 | Круговая | Стационарная; АП |
| 10 | 16,5 | - | - | 2 | 600 | Круговая | Стационарная; зеркало |
| 11 | 3,2 | 2800 | 3 | - | 200 | Линейная | Сканирование в плоскости; сканер |
| 12 | 3,8 | - | - | 1 | 300 | Круговая | Корабельная; поляризатор |
| 13 | 3,3 | 1350 | 15 | - | 250 | Круговая | Бортовая; поляризатор |
| 14 | 2,9 | - | 8 | 8 | 150 | Круговая | Сканирование в плоскости; сканер |
| 15 | 3,6 | 2000 | 2 | - | 350 | Линейная | Сканирование в плоскости; АП |
| 16 | 3,0 | 3200 | - | - | 250 | Круговая | Сканирование в 2 плоскостях; АП |
| 17 | 3,4 | - | 3 | 8 | - | Линейная | Бортовая; облучатель |
| 18 | 3,7 | 1800 | 20 | - | 220 | Круговая | Бортовая; поляризатор |
| 19 | 4,2 | - | 4 | 3 | - | Линейная | Бортовая; АП |
| 20 | 2,6 | 4000 | - | - | 215 | Круговая | Бортовая; зеркало |
| 21 | 6,2 | 900 | - | - | 500 | Линейная | Сканирование в 2 плоскостях; облучатель |
| 22 | 6,0 | - | 3 | 2 | - | Круговая | Сканирование в 2 плоскостях; поляризатор |
| 23 | 5,8 | - | 2 | 4 | 300 | Линейная | Корабельная; АП |

| | | | | | | | |
|----|-----|------|---|---|-----|----------|---|
| 24 | 6,6 | 1050 | - | 5 | - | Круговая | Сканирование в плоскости H; поляризатор |
| 25 | 5,0 | - | 8 | 5 | 380 | Линейная | Бортовая; АП |

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций, обучающихся по дисциплине, оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

| Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство | Год издания | КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ | |
|--|-------------|---|--|
| | | Наличие в электронном каталоге ЭБС | |
| Основная литература | | | |
| 1. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для радиотехнических спец. вузов/ Д.М. Сазонов; ред. Е.В. Вязова-Москва: Высшая Школа, 1988.-431с.- ISBN 5-06-001149-6 | 1988 | https://booksee.org/book/477012 | |
| 2.Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Филонов, А. Н. Фомин, Д. Д. Дмитриев [и др.] ; ред. А. А. Филонов. – Красноярск :Сиб. федер. ун-т, 2014. – 492 с. - ISBN 978-5-7638-3107-8 | 2014 | http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=505864 | |
| 3. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны: Учебное пособие для вузов / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов; Под ред. А.М. Сомова. - М.: Гор. линия-Телеком, 2012. - 440 с. ISBN 978-5-9912-0255-8 | 2012 | http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=390281 | |
| 4. Зеркальные антенны для земных станций спутниковой связи/ Фролов О.П., Вальд В.П. - М.:Гор. линия-Телеком, 2012. - 496 с.: ISBN 978-5-9912-7002-1 | 2012 | http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=562740 | |
| 5. Антенны с импедансными периодическими структурами / В.Д. Двуреченский, А.Ю. Федотов. - М.: Гор. линия-Телеком, 2013. - 152 с. ISBN 978-5-9912-0278-7 | 2013 | http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=397326 | |
| 6. Антенны. Практическое руководство [Электронный ресурс] : практическое руководство / Г. Миллер. - СПб. : Наука и техника, 2012 | 2012 | https://radiohata.ru/transfer/1211-antennas.html | |
| Дополнительная литература | | | |
| 1.Антенны. Том 1. [Электронный ресурс] / Ротхаммель К., Кришке А. - М. : ДМК Пресс, 2009 | 2009 | http://www.studentlibrary.ru/book/5-85648-715-X.html | |
| 2.Антенны. Том 2 [Электронный ресурс] / Ротхаммель К., Кришке А. Пер. с нем. - М. : ДМК Пресс, 2009. | 2009 | http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5856487168.html | |
| 3.Фазированные антенные решетки с секторными парциальными диаграммами направленности [Электронный ресурс] / Скобелев С.П. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010 | 2010 | http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112291.html | |
| 4. Применение пакета программ MicrowaveOffice 2009 AWR для проектирования микрополосковых устройств СВЧ [Электронный ресурс] : Учеб. | 2012 | http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0469.html | |

| | | |
|---|------|---|
| пособие / И.А. Федоренко, Н.В. Федоркова - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. | | |
| 5.Спутниковое телевидение от А до Я [Электронный ресурс] / С.Л. Корякин-Черняк. - СПб. : Наука и техника, 2010. | 2010 | http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785943873607.html |
| 6.Ситнянский Б.Д. Устройства СВЧ: Методические указания к лабораторным работам. - Владимир, 2013г. | 2013 | |
| 7.Ситнянский Б.Д. Антенны СВЧ: Методические указания к лабораторным работам. - Владимир, 2013г | 2013 | |
| 8.Ситнянский Б.Д., Садовский Н.В., Гаврилов В.М. Антенны и устройства СВЧ: Методические указания к курсовой работе. - Владимир, 2012г. - 26с. | 2012 | |
| 9.Ситнянский Б.Д. устройства СВЧ. Описание программ компьютерного моделирования. Владимир, 2012г. Электронная версия. | 2012 | |
| 10.Исследование антенны с электрическим сканированием лучом [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Р. В. Комягин, В. Л. Хандамиров. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. | 2015 | http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703840436.html |
| 11.Введение в смарт-антенны [Электронный ресурс] / Баланис Константинос А., ИоанидесПанайотис И. - М. :Техносфера, 2012. | 2012 | http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363127.html |

6.2. Периодические издания

Отечественные журналы:

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Цифровая обработка сигналов.

Реферативные журналы:

- Радиотехника;
- Электроника.

Зарубежные журналы:

- IEEE Transactions on Communications;
- IEEE Transactions on Antennas and Propagation

6.3. Интернет-ресурсы

1. Журнал "Радиотехника" - <http://radiotec.ru/catalog.php?cat=jr11>
2. <http://mexalib.com/view/15117>
3. <http://znanium.com>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического и лабораторного типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций. Практические и лабораторные работы проводятся в ауд.510.

Рабочую программу составил Садовский Н.В., доцент кафедры РТ и РС



Рецензент

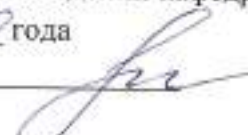
«Владимирское КБ Радиосвязи», Генеральный директор Богданов А.Е.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТ и РС

Протокол № 1 от 21.08.20 года

Заведующий кафедрой Никитин О.Р.



Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Протокол № 1 от 4.09.20 года

Председатель комиссии Никитин О.Р., заведующий кафедрой РТ и РС



