

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

**Кафедра радиотехнических устройств
Е.Е. Нечаев**

АНТЕННЫ И УСТРОЙСТВА СВЧ

Методические указания по изучению дисциплины

для студентов I V курса

специальности 201300

заочного обучения

Москва - 2003

БК ОФ2.12

М59

Рецензент: к. т. н, доцент Д.Н.Яманов

Нечаев Е.Е.

Антенны и устройства СВЧ: Методические указания по изучению дисциплины - М.: МГТУ ГА, 2003. - с.

Данные методические указания по изучению дисциплины подготовлены в соответствии с учебной программой для студентов 1У курса специальности 201300 заочного обучения.

Рассмотрены и одобрены на заседании кафедры 28.01.03 г.

1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина "Антенны и устройства СВЧ" изучается студентами заочной формы обучения на четвертом курсе.

По данной дисциплине читаются обзорные лекции (12 часов), проводятся лабораторные занятия (16 часов) и консультации.

Студента выполняют курсовую работу и сдают экзамен.

Общее время, затрачиваемое на самостоятельную работу, - 40 часов.

2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Цель преподавания

Дисциплина представляет собой теоретическую базу для изучения принципов действия, эксплуатации антенно-фидерных устройств, применяемых в гражданской авиации, а также способов расчёта радиолиний и особенностей, используемых в гражданской авиации частотных радиодиапазонов.

Дисциплина является основой для изучения специальных дисциплин и обеспечивает необходимый уровень инженерной подготовки в области теории и техники антенно-фидерных устройств.

2.2. Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студента должны:

2.2.1. Знать:

- роль антенно-фидерных устройств в обеспечении безопасности и регулярности полетов;

- принцип действия и особенности антенно-фидерных устройств, область их применения, способы формирования необходимых распределений полей излучения, основы антенных измерений;

- инженерные методы расчёта линий передач, излучающих систем и радиолиний;
- особенности технической эксплуатации антенно-фидерных устройств и радиолиний, используемых в радиоэлектронных системах ГА;
- правила техники безопасности и защиты окружающей среды при работе с антенно-фидерными устройствами.

2.2.2. Уметь:

- работать с научно-технической литературой;
- ориентироваться в современных антенно-фидерных устройствах и современных представлениях о распространении радиоволн, методах расчёта линий передач, излучающих устройств, радиолиний, принципах их работы;
- оценивать соответствие эксплуатируемых устройств современному развитию техники;
- работать с измерительной аппаратурой при исследовании характеристик антенно-фидерных устройств и радиолиний.

2.2.3. Иметь понятие:

- об образцах конкретной техники по изучаемой дисциплине, применяемых в ГА;
- о перспективах развития антенно-фидерных устройств и радиолиний;
- о применениях и особенностях антенно-фидерных устройств и радиолиний в смежных областях техники.

2.3. Перечень базовых дисциплин с указанием тем, усвоение которых необходимо студентам для изучения данной дисциплины

Для изучения дисциплины необходимо знать:

- высшую математику (разделы: дифференциальное и интегральное исчисление; основы комплексного исчисления; векторная алгебра; матричное исчисление; математическая теория поля);

- электродинамику и РРВ (разделы: теория электромагнитного поля; распространение плоских электромагнитных волн; теория волноводов; элементы и узлы волноводных трактов; особенности распространения радиоволн различных частотных диапазонов);

- радиотехнические цепи и сигналы (разделы: линейные цепи; теория длинных линий).

2.4. Перечень дисциплин, в которых используется данная учебная дисциплина

- прием и обработка сигналов;
- формирование и передача сигналов;
- электромагнитная совместимость РЭС;
- радиолокационные системы ВС;
- радиолокационные системы аэропортов;
- радионавигационные системы ВС;
- радионавигационные системы аэропортов;
- системы и устройства связи ВС;
- системы и устройства связи аэропортов.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

3.1. Основная учебная литература

1. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. М.: Высшая школа, 1988. - 432с.
2. Воскресенский Д.И. и др. Антенны и устройства СВЧ. М. МАИ, 1999.- 528с.

3.2. Учебные пособия

3. Нечаев Е.Е. Слабонаправленные антенны и линейные антенны бегущей волны. М: МГТУГА, 1997. – 120с.

4. Нечаев Е.Е. Излучающие раскрывы и решётки. М: МГТУГА, 1989. – 80с.

5. Яманов Д.Н. Электродинамика и техника СВЧ. Тексты лекций. Часть 3. Интегральные схемы СВЧ. М.: МГТУГА, 1999. - 72с.

3.3. Литература для выполнения курсовой работы

6. Нечаев Е.Е. Методические указания и задания для выполнения курсовой работы по дисциплине "Антенны и РРВ" для студентов III и IУ курсов специальности 20.13.00 всех форм обучения. М.: МГТУГА, 1996. - 106с.

3.4. Литература для выполнения лабораторных работ

7. Нечаев Е.Е. Антенны и распространение радиоволн. Методические указания к лабораторным занятиям для студентов III курса дневного обучения и IУ курса заочного обучения специальности 20.13. М: МГТУГА, - 1998. - 48.

4. СТРУКТУРА КУРСА

Дисциплина "Антенны и устройства СВЧ" содержит следующие разделы:

1. Основные электрические параметры и характеристики антенн, их согласование с фидерными линиями.
2. Слабонаправленные антенны.
3. Линейные антенны бегущей волны и линейные решётки.
4. Излучение плоских антенных решёток и апертурные антенны.
5. Волноводные излучатели, рупорные и линзовые антенны.
6. Зеркальные параболические антенны.

7. Волноводные линии передачи, объёмные резонаторы. Элементы и узлы волноводных трактов.

8. Интегральные схемы СВЧ.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основные электрические параметры и характеристики антенн, их согласование с фидерными линиями.

Общие сведения об антенно-фидерных устройствах. Цель и содержание курса. Задачи теории антенн. Классификация антенн. Основные характеристики антенны.

Вторичные параметры антенн: КНД, КУ, КЭ, УБЛ. Действующая высота и эффективная площадь антенны.

Согласование антенны с нагрузкой. Виды согласования.

Методические указания к изучению раздела 5.1.

Литература: [1], с.181...204; [2], с.63...104; [3], с.3...28.

Центральные вопросы раздела: классификация антенн; основные параметры и характеристики антенн; методы согласования антенны.

Вопросы:

1. Что понимается под диаграммой направленности антенны по мощности? Какие ещё диаграммы характеризуют антенну?
2. Как определить ширину диаграммы направленности в полярной и декартовой системе координат?
3. Что такое коэффициент направленного действия антенны?
4. Что понимается под сопротивлением излучения? Почему целесообразно иметь антенну с большим сопротивлением излучения?
5. Какова связь КНД с КУ антенны?
6. Что такое поляризационная характеристика антенны?

7. В чём суть согласования приёмной и передающей антенн по поляризации?
8. Что понимается под согласованием антенны и фидера?
9. Какие методы согласования Вы знаете?

5.2. Слабонаправленные антенны

Элементарные электрический и магнитный излучатели. Принцип эквивалентных токов. Элемент Гюйгенса.

Поле симметричного вибратора. Схемы питания симметричного вибратора. Шлейф-вибратор Пистолькорса.

Широкополосные вибраторные антенны. Диполь Надененко. Биконический вибратор. Турникетная антенна.

Рамочные и кольцевые антенны. Ферритовые антенны, механизм их работы.

Методические указания к изучению раздела 5.2

Литература: [1], с.222...253; [2], с.105...127; [3], с.29...65.

Центральные вопросы раздела: принцип эквивалентности и принцип Гюйгенса-Френеля; ближняя, промежуточная и дальняя зоны поля излучения антенны; распределение тока и заряда на симметричном вибраторе; симметрирующие устройства вибраторных антенн; антенна гониометра.

Вопросы:

1. В чём суть принципа эквивалентных токов?
2. Что понимается под элементарным электрическим, магнитным диполем и под элементом Гюйгенса?
3. Что понимается под ближней, дальней и промежуточной зоной поля излучения антенны?
4. В чём разница в структуре поля в дальней зоне элементарного электрического и магнитного диполей?

5. Какой характер имеет распределение тока и заряда на симметричном вибраторе?
6. Как объяснить появление боковых лепестков в диаграмме направленности симметричного вибратора при его электрической длине большей $1,25\lambda$?
7. Какие симметрирующие устройства вибраторных антенн Вы знаете?
8. Чем объясняется широкополосность биконического вибратора?
9. Какую форму имеет диаграмма направленности турникетной антенны?
10. Как ориентировано направление максимального излучения относительно плоскости расположения рамочной антенны?

5.3. Линейные антенны бегущей волны и антенные решётки

Система излучателей, дискретно расположенных вдоль прямой. Множитель решётки. Теорема перемножения диаграмм направленности.

Побочные главные максимумы. Выбор шага решётки. Влияние амплитудно-фазового распределения на ДН линейной антенной решётки.

Система двух излучателей. Метод зеркального изображения. Конструкции несимметричных вибраторных антенн.

Ромбическая антенна. Антенна бегущей волны с собирательной линией. Директорная антенна. Спиральные антенны.

Частотно-независимые антенны. Принцип электродинамического подобия. Логарифмическая спираль, Антенны на основе спиралей Архимеда. Логопериодические антенны.

Волноводно-щелевые антенны. Резонансные и нерезонансные антенны.

Конструкции полосковых антенн. Расчётная модель антенны, структура поля излучения.

Методические указания к изучению раздела 5.3

Литература: [1], с.262...302; [2], с.128...230; [3], с. 66...115; [4], с.25...30.

Центральные вопросы раздела: теорема перемножения диаграмм направленности; линейная антенная решётка: влияние амплитудного и фазового распределения на характеристики направленности линейной антенной решётки; метод зеркальных изображений, принцип построения многовибраторных антенн бегущей волны; спиральные антенны; принцип электродинамического подобия; свойства поверхностных волн; волноводно-щелевые антенны; полосковые антенны.

Вопросы:

1. В чём суть теоремы перемножения диаграмм направленности?
2. Какой вид имеет диаграмма направленности линейной синфазной равноамплитудно возбуждённой антенной решётки?
3. Какие способы подавления побочных главных максимумов Вы знаете?
4. Как влияет амплитудно-фазовое распределение на диаграмму направленности антенной решётки?
5. В чём суть метода зеркальных изображений?
6. Как зависит КНД линейной решётки от её длины?
7. В чём суть принципа электродинамического подобия?
8. Какие достоинства и недостатки имеет ромбическая антенна?
9. Какие способы возбуждения поверхностных волн вы знаете?
10. Как влияет экран конечных размеров на характеристики направленности щелевых антенн?
11. В чём отличие принципа работы резонансных и нерезонансных волноводно-щелевых антенн?
12. В чём суть «эффекта нормали» в нерезонансных волноводно-щелевых антеннах?
13. Какие недостатки имеют полосковые антенны?

5.4. Излучение плоских антенных решёток и апертурных антенн

Плоские антенные решётки. Фазирование излучателей. Синфазная горизонтальная антенна. ФАР с оптической схемой питания.

Методические указания к изучению раздела 5.4

Литература: [1], с. 316...334; [2], с. 430...438; [4], с. 20...23, с.68...79.

Центральные вопросы раздела: влияние амплитудного и фазового распределения на ДНА; изменение коэффициента направленного действия антенны при отклонении луча от нормали к апертуре; схемы размещения излучателей на плоскости; управление положением луча ФАР; схемы разводки СВЧ мощности в ФАР.

Вопросы:

1. Какие схемы размещения излучателей на плоскости Вы знаете?
2. В чём преимущество схемы управления положением луча по строкам и столбцам?
3. Параллельные и последовательные схемы питания ФАР, их достоинства и недостатки?
4. Какие особенности конструкции имеет синфазная горизонтальная диапазонная антенна?

5.5. Волноводные излучатели, рупорные и линзовые антенны

Волноводный излучатель. Типы рупорных антенн. Рупоры с круговой поляризацией.

Замедляющие и ускоряющие линзы. Уравнение профиля линз. Линзы Люнеберга.

Методические указания к изучению раздела 5.5

Литература: [1], с. 361...371; [2], с. 339...354, с.376...398; [4], с. 31...48.

Центральные вопросы раздела: оптимальный рупор; коррекция фазовых искажений в раскрыве рупора; металлопластинчатые линзы.

Вопросы:

1. Как влияет амплитудное распределение по раскрыву на поле излучения антенны?
2. Как влияет фазовое распределение поля по раскрыву на поле излучения антенны?
3. В чём суть метода линейного эквивалентного излучателя?
4. Какой рупор называется оптимальным?
5. Какие типы фазирующих секций Вы знаете?
6. Как влияет ускоряющая линза на амплитудное и фазовое распределение поля по раскрыву?
7. Как влияет замедляющая линза на амплитудное и фазовое распределение поля по раскрыву?
8. Что такое зонирование линзы?
9. Какую конструкцию имеет сферическая линза Люнеберга?

5.6. Зеркальные параболические антенны

Зеркальные антенны. Уравнение профиля зеркала. Двухзеркальные антенны. Зеркала специальной формы.

Методические указания к изучению раздела 5.6

Литература: [1], с. 371...394; [2], с. 354...376; [4], с. 49...67.

Центральные вопросы раздела: методы расчёта поля излучения; коэффициент усиления и ширина ДН зеркальной антенны; сканирование ДН в зеркальной антенне; методы получения косекансной ДН; двухзеркальные антенны.

Вопросы:

1. Какие методы расчёта поля излучения Вы знаете?
2. От чего зависит ширина ДН зеркальной антенны?

3. Какие факторы влияют на КИП зеркальной антенны?
4. Перечислите требования, предъявляемые к облучателю зеркальной антенны, какие типы облучателей Вы знаете?
5. От чего зависит предельный КНД зеркальной антенны?
6. Каким образом осуществляется сканирование ДН в зеркальной антенне?
7. Какую конструкцию имеют двухзеркальные антенны?
8. Какие методы получения косекансной ДН Вы знаете?

5.7. Волноводные линии передачи, объёмные резонаторы. Элементы и узлы волноводных трактов

Выбор размеров волновода по заданному диапазону рабочих частот. Затухание волны в волноводе. Средняя, предельная и допустимая мощности в волноводе. Методы возбуждения поля в волноводе.

Соединения волноводных трактов. Е-, Н- тройники. Двойной Т-образный мост. Аттенюаторы. Объёмные резонаторы.

Методические указания к изучению раздела 5.7

Литература: [1], с. 57...105; [2], с. 48...582, с.269...282; [5], с. 25...30.

Центральные вопросы раздела: выбор размеров волновода; средняя, предельная и допустимая мощности в волноводе; Н и Е – тройники; Т – образные соединения; аттенюаторы; резонансные частоты и добротность резонаторов; классификация фильтров СВЧ.

Вопросы:

1. Чем руководствуются при выборе размеров сторон поперечного сечения волновода?
2. Чем определяется пробивная мощность волновода?
3. Нарисуйте схему замещения Н- и Е –тройника.
4. Какие виды конструкции аттенюаторов Вам известны?

5. Нарисуйте конструкцию двойного Т – моста. Опишите, как он работает при подаче сигнала в разные плечи.
6. Что называется добротностью резонатора?
7. В чём заключаются особенности СВЧ фильтров?
8. Что представляют собой волноводные полосно-пропускающие фильтры?

5.8. Интегральные схемы СВЧ

Типы конструкций ИС СВЧ. Элементы ИС СВЧ.

Методические указания к изучению раздела 5.8

Литература: [2], с. 269...310; [5], с. 11...62.

Центральные вопросы раздела: элементы и типы конструкций ИС СВЧ.

Вопросы:

1. Какие существуют основные типы конструкций ИС СВЧ?
2. Рассмотрите основные конструкции элементов ИС СВЧ (конденсаторов, индуктивностей, сопротивлений).
3. Нарисуйте конструкции переходов (коаксиально-полосковых, волноводно-микрополосковых).
4. Какие основные виды конструкций печатных резонаторов Вы знаете?
5. Из каких соображений должны выбираться элементы полосковых фильтров?
6. Каковы особенности конструкций полосковых направленных ответвителей и мостовых устройств?
7. Опишите конструкцию и свойства фазовращателей.
8. Поясните принцип действия и назначение смесителей на печатных линиях передачи.

6. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Перечень лабораторных занятий [7]:

1. Исследование симметричного вибратора (базовым является раздел 5.2);
2. Исследование линейной антенной решётки (базовым является раздел 5.3);
3. Исследование рупорных антенн (базовым является раздел 5.5);
4. Исследование зеркальных антенн (базовым является раздел 5.6).

На каждое лабораторное занятие отводится 4 часа.

7. КУРСОВАЯ РАБОТА

Цель курсовой работы – закрепление и углубление знаний по курсу, и применение их для решения инженерных задач.

Содержание и темы курсовых работ приведены в [6].

Базовыми для выполнения работы являются разделы 5.2 ...5.7.

Курсовая работа содержит расчёт, проектирование и сведения по эксплуатации антенны вместе с фидерным трактом, включающим в себя необходимые устройства СВЧ. При этом спроектированное устройство специализировано для применения в гражданской авиации.

Пояснительная записка содержит 15 ... 20 страниц текста (стандартная писчая бумага формата А4), графическая часть работы содержит один чертёжный лист формата А3 с изображением антенны и фидерного тракта (эскиз).

Общее время самостоятельной работы над курсовой работой определяется в пределах 20 часов.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Учебный план дисциплины.....	3
2. Цели и задачи дисциплины.....	3
3. Рекомендуемая литература.....	5
4. Структура курса.....	6
5. Программа дисциплины и методические указания к изучению дисциплины.....	7
6. Лабораторные занятия.....	15
7. Курсовая работа.....	15