

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.

_____ 20__ г.

Программа дисциплины

Распространение радиоволн и антенны Б1.В.ОД.3

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Электромагнитные волны в средах

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Колчев А.А.

Рецензент(ы):

Хуторова О.Г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Акчурин А. Д.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No

Казань
2017

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Колчев А.А. Кафедра радиоастрономии Отделение радиофизики и информационных систем, AAKolchev@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) Распространение радиоволн и антенны являются: приобретение знаний по распространению радиоволн в свободном пространстве и в атмосферных средах, понимание принципов взаимодействия радиоволн со средой распространения, умение интерпретировать результаты распространения радиоволн различных диапазонов в земной атмосфере с учётом влияния земной поверхности.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.3 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.04.03 Радиофизика и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Данная учебная дисциплина включена в раздел "М2. Профессиональный цикл" (Б.3). Осваивается на первом курсе магистратуры в первом семестре. Для освоения данной дисциплины обучающимся необходимы базовые сведения в области теории формирования, излучения и распространения радиоволн в различных средах, основные положения электродинамики, касающиеся данной области (уравнения Максвелла, элементарный вибратор), определенные знания в области мат. физики (умение работать с векторными величинами и матрицами). Освоение данной дисциплины необходимо, в частности, для последующего проведения практических занятий в рамках семинара по современным проблемам радиофизики

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимых для решения научно- исследовательских задач
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность внедрять результаты прикладных научных исследований в перспективные приборы, устройства и системы, основанные на колебательно-волновых принципах функционирования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

особенности распространения радиоволн в свободном пространстве и в атмосфере, результаты их взаимодействия с различными видами земной поверхности, основные типы антенных приёмо-передающих систем.

2. должен уметь:

оценивать влияние среды распространения и используемых антенн на характеристики конкретных радиотрасс.

3. должен владеть:

понятийным и математическим аппаратом описания физики излучения и распространения радиоволн с учётом использования конкретных антенных систем.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания по особенностям распространения радиоволн в применении к радиотрассам с конкретными приемно-передающими антеннами в земных условиях на практике.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю**Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Распространение радиоволн в нейтральной атмосфере и в свободном пространстве	1	1	2	0	4	устный опрос
2.	Тема 2. Распространение радиоволн в ионосфере и иных проводящих средах	1	2	2	0	0	устный опрос
3.	Тема 3. Область пространства, существенная для распространении радиоволн	1	3	2	0	3	устный опрос
4.	Тема 4. Основные характеристики антенн. Способы создания направленного радиоизлучения	1	4	2	0	6	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Коэффициент отражения радиоволн от земной поверхности. Влияние шероховатости поверхности на отражение радиоволн.	1	5	2	0	0	устный опрос
6.	Тема 6. Распространение радиоволн в случае антенн, приподнятых над земной поверхностью. Формула Введенского	1	6	2	0	0	устный опрос
7.	Тема 7. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности	1	7	2	0	0	контрольная работа
8.	Тема 8. Особенности распространения радиоволн в тропосфере	1	8	2	0	0	отчет
9.	Тема 9. Дальнее распространение радиоволн, обусловленное рассеянием на турбулентных неоднородностях	1	9	2	0	0	устный опрос
10.	Тема 10. Диэлектрическая проницаемость ионосферы без учета геомагнитного поля. Ионосферная рефракция радиоволн	1	10	2	0	0	устный опрос
11.	Тема 11. Коэффициент преломления ионосферы с учетом геомагнитного поля. Эффект Фарадея	1	11	2	0	0	устный опрос
12.	Тема 12. Зондирование ионосферы. ВЧХ. Теоремы эквивалентности	1	12	1	0	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
13.	Тема 13. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов в различных условиях.	1	13	1	0	0	контрольная работа
14.	Тема 14. Особенности антенн, используемых в различных радиодиапазонах	1	14	2	0	0	отчет
.	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	экзамен
	Итого			26	0	13	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Распространение радиоволн в нейтральной атмосфере и в свободном пространстве

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Особенности распространение радиоволн в нейтральной атмосфере и в свободном пространстве. Уравнения Максвелла. Решение для распространяющейся электромагнитной волны.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Решение для распространяющейся электромагнитной волны.

Тема 2. Распространение радиоволн в ионосфере и иных проводящих средах

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Решение системы дифференциальных уравнений Максвелла для проводящей среды. Особенности распространения радиоволн в ионосфере.

Тема 3. Область пространства, существенная для распространении радиоволн

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Принципы Гюйгенса-Френеля, позволяющие оценить форму и размеры области пространства, существенной для распространении радиоволн

лабораторная работа (3 часа(ов)):

Область пространства, существенная для распространении радиоволн

Тема 4. Основные характеристики антенн. Способы создания направленного радиоизлучения

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Основные характеристики приёмных и передающих антенн. Вибратор Герца. Способы создания направленного радиоизлучения с помощью антенных систем.

лабораторная работа (6 часа(ов)):

Исследование свойств и характеристик одновибраторных антенн с помощью антенного измерительного комплекса.

Тема 5. Коэффициент отражения радиоволн от земной поверхности. Влияние шероховатости поверхности на отражение радиоволн.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Изменчивость коэффициента отражения радиоволн от земной поверхности в зависимости от поляризации падающего радиоизлучения и от угла падения. Влияние шероховатости поверхности на отражение радиоволн - критерий Релея.

Тема 6. Распространение радиоволн в случае антенн, приподнятых над земной поверхностью. Формула Введенского

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Исследование радиотрассы, приподнятой над плоской поверхностью (Землей), с точки зрения оценки влияния вида используемой поляризации и свойств отражающей поверхности. Формула Введенского и особенности ее использования для оценки величины принимаемого радиосигнала.

Тема 7. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Исследуемая радиотрасса проходит на высоте менее длины волны; условия Леонтовича; формула Шулейкина-Ван-дер-Поля; распространение радиоволн вдоль неоднородной поверхности.

Тема 8. Особенности распространения радиоволн в тропосфере

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Коэффициент диэлектрической проницаемости для нейтральной земной атмосферы. Влияние параметров тропосферы на рефракцию радиоволн. Виды тропосферной рефракции.

Тема 9. Дальнее распространение радиоволн, обусловленное рассеянием на турбулентных неоднородностях

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Структура турбулентных неоднородностей коэффициента преломления в земной тропосфере. Трассы наклонного тропосферного распространения: основные требования к параметрам радиоканала.

Тема 10. Диэлектрическая проницаемость ионосферы без учета геомагнитного поля. Ионосферная рефракция радиоволн

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Вывод и оценка изменчивости коэффициента диэлектрической проницаемости в ионосфере без учета геомагнитного поля. Особенности ионосферной рефракции радиоволн в зависимости от используемой частоты и угла наклона излучения.

Тема 11. Коэффициент преломления ионосферы с учетом геомагнитного поля. Эффект Фарадея

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Исследование изменчивости коэффициента преломления ионосферы с учетом геомагнитного поля. Обыкновенная и необыкновенная волны. Квазипродольное и квазипоперечное распространение. Влияние ионосферы на поляризацию распространяющейся радиоволны - эффект Фарадея.

Тема 12. Зондирование ионосферы. ВЧХ. Теоремы эквивалентности

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Методы и аппаратура для радиозондирования ионосферы. Получение и исследование высотно-частотных характеристик (ВЧХ) сигнала, отраженного от различных ионосферных слоёв. Первая и вторая теоремы эквивалентности

Тема 13. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов в различных условиях.

лекционное занятие (1 часа(ов)):

Изучение особенностей распространения радиоволн различных диапазонов (ДВ, СВ, КВ, УКВ) в различных условиях для земных радиотрасс.

Тема 14. Особенности антенн, используемых в различных радиодиапазонах

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Конструктивные особенности антенн и антенных систем, используемых в различных радиодиапазонах для целей вещания, связи, передачи информации, исследований.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Распространение радиоволн в нейтральной атмосфере и в свободном пространстве	1	1	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
2.	Тема 2. Распространение радиоволн в ионосфере и иных проводящих средах	1	2	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
3.	Тема 3. Область пространства, существенная для распространении радиоволн	1	3	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
4.	Тема 4. Основные характеристики антенн. Способы создания направленного радиоизлучения	1	4	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
5.	Тема 5. Коэффициент отражения радиоволн от земной поверхности. Влияние шероховатости поверхности на отражение радиоволн.	1	5	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
6.	Тема 6. Распространение радиоволн в случае антенн, приподнятых над земной поверхностью. Формула Введенского	1	6	подготовка к устному опросу	3	устный опрос
7.	Тема 7. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности	1	7	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
8.	Тема 8. Особенности распространения радиоволн в тропосфере	1	8	подготовка к устному опросу	10	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
9.	Тема 9. Дальнее распространение радиоволн, обусловленное рассеянием на турбулентных неоднородностях	1	9	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
10.	Тема 10. Диэлектрическая проницаемость ионосферы без учета геомагнитного поля. Ионосферная рефракция радиоволн	1	10	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
11.	Тема 11. Коэффициент преломления ионосферы с учетом геомагнитного поля. Эффект Фарадея	1	11	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
12.	Тема 12. Зондирование ионосферы. ВЧХ. Теоремы эквивалентности	1	12	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
13.	Тема 13. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов в различных условиях.	1	13	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
14.	Тема 14. Особенности антенн, используемых в различных радиодиапазонах	1	14	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
	Итого				69	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Освоение дисциплины "Распространение радиоволн и антенны" предполагает использование как традиционных (лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа с использованием методических материалов по теме дисциплины), так и инновационных образовательных технологий с использованием в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий: использование мультимедийных программ подготовки и демонстрации учебного материала с помощью различных средств отображения, использование ресурсов интернета.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Распространение радиоволн в нейтральной атмосфере и в свободном пространстве

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: стандартные диапазоны радиоволн; особенности распространения радиоволн в земной атмосфере; система уравнений Максвелла - волновое решение для свободного пространства; связь между электрической и магнитной составляющими радиоволны; основные закономерности распространения радиоволн в нейтральной атмосфере.

Тема 2. Распространение радиоволн в ионосфере и иных проводящих средах

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: особенности решения системы уравнений Максвелла для проводящей среды; групповая и фазовая скорости волны; несинфазность электрической и магнитной составляющих радиоволны в проводящей среде; влияние среды на амплитуду распространяющейся радиоволны

Тема 3. Область пространства, существенная для распространении радиоволн

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: принцип Гюйгенса; зоны Френеля; эллипсоид вращения как область пространства, существенная для распространения радиоволн; распространение радиоволн через отверстие в сплошном экране

Тема 4. Основные характеристики антенн. Способы создания направленного радиоизлучения

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: понятие антенны и ее основные характеристики, принцип обратимости; представление о диаграмме направленности антенны; вывод коэффициента направленного действия; элементарный вибратор; симметричные и несимметричные вибраторы; способы создания направленного радиоизлучения с помощью антенных систем

Тема 5. Коэффициент отражения радиоволн от земной поверхности. Влияние шероховатости поверхности на отражение радиоволн.

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: виды поляризации излученной радиоволны; эллипс отражения; коэффициент отражения радиоволн от земной поверхности для случаев вертикальной и горизонтальной поляризации падающей радиоволны; влияние свойств поверхности на коэффициент отражения; влияние шероховатости поверхности на отражение радиоволн

Тема 6. Распространение радиоволн в случае антенн, приподнятых над земной поверхностью. Формула Введенского

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: интерференция прямой и отраженной радиоволн в точке приёма для случаев горизонтальной и вертикальной поляризации излученной радиоволны; формула Введенского для величины сигнала в точке приема на приподнятой радиотрассе

Тема 7. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: особенности распространения радиоволн в условиях поверхностной радиотрассы; условия Леонтовича; формула Шулейкина-ван-дер-Поля; Распространение радиоволн вдоль неоднородной земной поверхности (суша-море)

Тема 8. Особенности распространения радиоволн в тропосфере

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: Вопросы по теме: коэффициент преломления радиоволн в тропосфере; понятие нормальной тропосферы; виды рефракции радиоволн в условиях тропосферы; тропосферный волновод; поглощение в тропосфере

Тема 9. Дальнее распространение радиоволн, обусловленное рассеянием на турбулентных неоднородностях

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: образование и структура турбулентных неоднородностей коэффициента преломления; диффузная и дискретная многолучевость; условие Вульфа-Брегга для формирования приема рассеянного на турбулентных неоднородностях радиосигнала на трассе ДТР; основные характеристики трасс ДТР

Тема 10. Диэлектрическая проницаемость ионосферы без учета геомагнитного поля. Ионосферная рефракция радиоволн

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: структура земной ионосферы; формула для коэффициента диэлектрической проницаемости земной ионосферы без учета геомагнитного поля; особенности ионосферной рефракции радиоволн

Тема 11. Коэффициент преломления ионосферы с учетом геомагнитного поля. Эффект Фарадея

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: анализ коэффициента преломления ионосферы с учетом геомагнитного поля; обыкновенная и необыкновенная волны; вращение плоскости поляризации распространяющейся в ионосфере радиоволны - эффект Фарадея

Тема 12. Зондирование ионосферы. ВЧХ. Теоремы эквивалентности

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: первая теорема эквивалентности; вторая теорема эквивалентности; вертикальное радиозондирование как способ регулярного исследования ионосферы; вид и анализ высотно-частотных характеристик (ВЧХ)

Тема 13. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов в различных условиях.

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: особенности распространения радиоволн на приземных радиотрассах; влияние ионосферы на распространение радиоволн в различных диапазонах; изменчивость характеристик радиоволны на трассах Земля-космос

Тема 14. Особенности антенн, используемых в различных радиодиапазонах

устный опрос , примерные вопросы:

Вопросы по теме: основные типы антенн, используемых для радио- телевидения; основные типы антенн и антенных систем в задачах радиолокации; основные типы антенн, используемых в системах сотовой связи; основные типы антенн и антенных систем, используемых в радиоастрономии

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ включает следующие виды работ:

- изучение теоретического лекционного материала;
- проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература, использование ресурсов интернета);
- подготовка к контрольным работам;
- выполнение лабораторных работ с помощью антенного измерительного комплекса;
- подготовка к сдаче экзамена по изучаемой дисциплине.

Вопросы для текущего контроля освоения дисциплины:

Контрольная 1

1. Дайте определение симметричного электрического вибратора. Перечислите основные характеристики симметричного электрического вибратора. Опишите методику снятия диаграммы направленности.

2. Приведите конструкции симметричных полуволновых вибраторов. Для чего используется согласующе-симметрирующее устройство. К чему приводит его отсутствие.
3. Перечислите основные электрические характеристики симметричных вибраторов. Приведите зависимости входного сопротивления симметричного электрического вибратора от размеров l/λ . Опишите характерные точки для часто используемых в антенной технике соотношений размеров l/λ .
4. В полярной системе координат приведите изменение формы диаграммы направленности в плоскости вектора электрического поля в зависимости от длины симметричного вибратора. Какую форму будет иметь диаграмма направленности в плоскости вектора магнитного поля.
5. Как будет изменяться форма диаграммы направленности симметричного электрического вибратора при горизонтальной поляризации, при вертикальной поляризации в случае расположения антенны над поверхностью Земли.
6. Дайте определение диаграммы направленности, коэффициента направленного действия и действующей длины для симметричного электрического вибратора. Какие характеристики антенны определяются из экспериментально снятой диаграммы направленности.
7. Дайте определение входного сопротивления и сопротивления излучения симметричного электрического вибратора. Приведите распределение амплитуды токов для симметричных вибраторов длиной $0,4\lambda$; $0,5\lambda$; $1,5\lambda$; 6λ .
8. Дайте определение вектора интенсивности излучения, коэффициента усиления антенны. Опишите метод сравнения при определении коэффициента усиления антенны.
9. Нарисуйте устройство и расскажите о принципе действия детекторной секции.
10. Опишите конструкцию симметричного электрического вибратора. Перечислите основные характеристики симметричного электрического вибратора и приведите зависимости коэффициента направленного действия от отношения l/λ . Почему в антенной технике широкое распространение получили симметричные полуволновые электрические вибраторы?
11. Получите выражение для напряженности E поля, создаваемого направленной антенной ($G_m, F(\theta, \varphi)$) на расстоянии r в свободном пространстве среды с диэлектрической проницаемостью ϵ' .
12. Дайте определение диполя Герца и приведите основные характеристики диполя как антенны.
13. Опишите принцип действия антенной системы "симметричный диполь с активным рефлектором".
14. Опишите принцип действия антенной системы "симметричный диполь с пассивным рефлектором".

Контрольная 2

1. Опишите конструкцию антенны типа "волновой канал". Какие вибраторы называются директорами, какие - рефлекторами? Какие конструкции активных вибраторов можно использовать в такой антенне?
2. Расскажите, что собой представляет объемная диаграмма направленности полуволнового симметричного вибратора и антенны типа волновой канал. Нарисуйте диаграммы направленности вышеназванных антенн в прямоугольной системе координат в плоскости E и в плоскости H . Какие параметры антенны определяются из приведенных диаграмм направленности?
3. Опишите конструкцию логопериодической антенны и нарисуйте ее. Чем отличается конструкция логопериодической антенны от антенны типа "волновой канал"?
4. Опишите форму объемной диаграммы направленности полуволнового симметричного вибратора и логопериодической антенны. Нарисуйте диаграммы направленности вышеназванных антенн в прямоугольной системе координат в плоскости E и в плоскости H . Какие параметры антенны определяются из приведенных диаграмм направленности?
5. Опишите метод сравнения при определении коэффициента усиления антенны. Чему равно значение КПД у полуволнового симметричного вибратора, антенны типа "волновой канал" и логопериодической антенны?

6. Приведите функциональную схему лабораторной установки для исследования антенны "волновой канал" и логопериодической антенны. Опишите составные части функциональной схемы. Расскажите о методике снятия диаграммы направленности в плоскости E и в плоскости H. На каком расстоянии должны быть расположены антенны при экспериментальном снятии диаграммы направленности?
7. Нарисуйте эскиз детекторной секции и опишите его конструкцию. Какие приборы можно использовать для регистрации уровня сигнала на приемной антенне, если на передающую антенну подается: а) амплитудно-модулированный сигнал; б) ВЧ сигнал без модуляции?
8. Каким образом можно измерить коэффициент отражения исследуемой антенны на выбранной частоте? Приведите блок-схему измерений и опишите его составные части и назначение элементов.
9. Какими приборами можно измерить коэффициент отражения исследуемой антенны в широкой полосе частот? Приведите блок-схему измерений и опишите его составные части и назначение элементов.

Контрольная 3 - Программа анализа и проектирования антенн MMANA-GAL

1. Какую антенну вы проектируете (анализируете)?
2. Какая папка программы MMANA-GAL содержит ваш тип антенн?
3. Какой математический метод используется в программе для расчета электромагнитного поля, создаваемого проектируемой антенной?
4. Укажите приоритетное направление излучения проектируемой антенны в декартовой системе координат.
5. Что описывает каждая из трех таблиц в окне геометрии?
6. Как задать автоматическую сегментацию проектируемой антенны?
7. Где и как задать размещение источника (например, в середине провода)?
8. Что задается вводом комбинации w3e в окне PULSE?
9. В чем разница при выборе идеальной или реальной земли в окне вычислений?
10. Что происходит при нажатии кнопки "пуск" в окне вычислений?
11. Поясните назначение кнопки "оптимизация" в окне вычислений.
12. Какие параметры подразумеваются под обозначениями R, KCB, Ga, Gh в окне вычислений?
13. Поясните назначение пунктов V и H в окне диаграммы направленности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. Исследование характеристик направленности симметричных вибраторов:

- 1.1. Исследование диаграмм направленности, поляризационных и диапазонных свойств антенн типа "симметричный вибратор"
- 1.2. По средней частоте диапазона, заданной преподавателем, вычислить геометрические размеры четвертьволнового вибратора L
 $L = \lambda/4$; $\lambda = c/F$; $c = 3 \cdot 10^8$ м/сек.
2. По определенным в результате расчета геометрическим размерам установить длины вибраторов приемной и передающей антенны. В качестве передающей антенны всегда используется симметричный четвертьволновый вибратор с металлическим экраном - рефлектором. Изменение длин вибраторов осуществляется путем вворачивания или выворачивания трубок на оси.
3. Измерить диаграммы направленности исследуемой антенны в плоскости E и H. Для измерения диаграммы направленности в плоскости E выполнить следующие операции:
 - 3.1. Сориентировать передающую и приемную антенну так, чтобы их плоскость E совпала бы с вертикальной, и произвести предварительную юстировку антенн.

3.2. Поворачивая приемную антенну вокруг вертикальной оси с помощью поворотного устройства, снять зависимость показаний измерительного прибора усилителя q от угла поворота. Угол менять от 0 до 180 градусов, вращая антенну сначала по часовой стрелке, затем против часовой стрелки. Вращению по часовой стрелке соответствует положительное, а против часовой стрелки - отрицательное значение угла поворота. Данные измерений занести в таблицу. При выбранной ориентации антенны ее вращение вокруг вертикальной оси не должно приводить к изменению показаний прибора. Поэтому шаг изменения угла может быть выбран порядка 10 градусов.

3.3. В результате конструктивных особенностей реальной антенны, влияния отражений от окружающих предметов и многих других факторов диаграмма направленности симметричного вибратора отлична от круговой. Поэтому показания прибора q не остаются неизменными при вращении антенны. Из всех значений q следует выбрать максимальное q_{\max} и произвести нормировку диаграммы направленности. Для этого определить нормированное значение мощности на выходе приемной антенны q_n по формуле $q_n = q / q_{\max}$.

Для антенны с плоским рефлектором диаграмма направленности имеет один выраженный максимум q_{\max} , совпадающий с углом поворота $= 0$.

4. Измерить диаграмму направленности вибраторной антенны в плоскости H.

4.5. Измерить ненормированную диаграмму направленности исследуемой антенны.

4.6. Отметить показания прибора q_{\min} , соответствующие повороту антенны на 180 градусов. Вычислить коэффициент защитного действия КЗД.

4.7. Повторить измерения ненормированной диаграммы направленности антенны в соответствии с пунктом 4.5, вращая ее против часовой стрелки. Такому повороту соответствует отрицательное значение угла поворота.

4.8. Произвести нормировку диаграммы направленности. Для этого определить нормированное значение мощности на выходе приемной антенны.

5. Произвести измерение диаграммы направленности симметричного вибратора с плоским рефлектором. Она используется в качестве передающей в данном лабораторном макете. Повторить операции, предусмотренные пунктами 3 - 4, вращая с помощью поворотного устройства не приемную, а передающую антенну.

6. Произвести измерение диаграммы направленности симметричного вибратора с длиной плеча $\frac{3}{4}$ длины волны. Для этого по средней частоте диапазона, заданной преподавателем, вычислить геометрические размеры вибратора L

$$L = 3\lambda/4; \lambda = c/F.$$

Повторить операции, предусмотренные пунктами 2 - 4.

7. Произвести исследования поляризационных свойств симметричного четвертьволнового вибратора.

7.2. Повернуть приемную антенну вокруг горизонтальной оси на угол 90 градусов, удерживая ее от продольного перемещения. При этом с горизонтальной плоскостью уже совпадает плоскость E приемной антенны.

7.3. Отметить показания измерительного прибора усилителя q_{90} и занести его в таблицу.

7.4. Вычислить коэффициент поляризации p по формуле $p = q_0 / q_{90}$.

7.5. Изменяя угол поворота приемной антенны с шагом, заданным преподавателем, измерить зависимость коэффициента поляризации от угла. Угол менять в пределах от 0 до 180 градусов, вращая антенну по и против часовой стрелки. Измерения коэффициента поляризации проводить согласно методике, описанной выше. Данные измерений занести в таблицу 2.3.

8. Произвести измерения диапазонных свойств исследуемой антенны. Для этого выполнить следующие операции.

8.1. Изменяя в небольших пределах частоту генератора, добиться максимальных показаний измерительного прибора усилителя. Поскольку определение геометрических размеров антенны производилось по приближенным формулам, а также вследствие неточности сборки антенны, последняя оказывается не настроенной точно в резонанс. В этом пункте производится ее точная настройка и определение резонансной частоты $F_{рез}$, которой соответствуют максимальные показания прибора q_{max} . Как и ранее, показания прибора прямо пропорциональны принимаемой мощности.

При изменении частоты генератора может в небольших пределах изменяться мощность на его выходе. Перед началом исследований диапазонных свойств антенны следует отметить показания этого индикатора и при изменениях частоты производить подстройку выходной мощности генератора с помощью грубого (Δ) и точного ($\Delta\Delta$) регуляторов уровня выходной мощности.

8.2. Снять зависимость принимаемой мощности (показания измерительного прибора q) от частоты генератора F .

Определять нормированное значение мощности на выходе приемной антенны.

8.3. Построить зависимость нормированной мощности q_n от частоты F . По этой зависимости определить полосу пропускания антенны по уровню половинной мощности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. Исследование характеристик направленности мультивибраторных антенн:

Исследование диаграмм направленности и диапазонных свойств антенн типа "волновой канал" с различным числом элементов

1. Используя расчетные соотношения, приведенные в теоретической части данного описания, вычислить геометрические размеры директоров, активного вибратора, рефлектора и расстояний между ними. Расчет провести для трехэлементной антенны, содержащей активный вибратор, рефлектор и директор. Средняя частота диапазона, в котором работает антенна, задается преподавателем.

2. По определенным в результате расчета геометрическим размерам собрать на траверсе антенну и укрепить ее на поворотном штативе. В качестве передающей антенны в данном случае используется семиэлементная логопериодическая антенна. Она обеспечивает необходимый уровень излучаемой мощности для диапазона частот 550 - 900 МГц.

3. Произвести предварительную юстировку антенн.

4. Измерить диаграмму направленности исследуемой антенны. Для этого выполнить следующие операции:

4.1. Отметить показания измерительного прибора регистратора q_{max} , соответствующие нулевому значению угла поворота антенны.

4.2. Ослабить фиксирующие винты колец передающей антенны. Поворачивать вручную приемную антенну с помощью поворотного устройства по часовой стрелке до тех пор, пока измерительного прибора не уменьшатся в два раза.

4.3. Отметить значение угла поворота антенны. Этот угол определяет ширину диаграммы направленности исследуемой антенны.

4.4. Повернуть антенну в положение, соответствующее нулевому отсчету угла (максимальные показания измерительного прибора регистратора).

4.5. Измерить ненормированную диаграмму направленности исследуемой антенны. Для этого снять зависимость показаний измерительного прибора q от угла поворота антенны. Угол изменять с постоянным шагом, выбрав его так, чтобы в пределах ширины диаграммы направленности уложилось не менее 5 отсчетных точек. Измерения проводить, меняя угол от 0 до 180 градусов и вращая антенну по часовой стрелке. Результаты измерений занести в таблицу.

4.6. Отметить показания прибора q_{min} , соответствующие повороту антенны на 180 градусов. Вычислить коэффициент защитного действия КЗД по формуле $КЗД = q_{max} / q_{min}$.

4.7. Повторить измерения ненормированной диаграммы направленности антенны в соответствии с пунктом 4.5, вращая ее против часовой стрелки. Такому повороту соответствует отрицательное значение угла поворота.

4.8. Произвести нормировку диаграммы направленности. Для этого определить нормированное значение мощности на выходе приемной антенны q_n по формуле $q_n = q / q_{\max}$.

5. Повернуть антенну в положение, соответствующее нулевому отсчету угла (максимальные показания измерительного прибора регистратора).

6. Произвести измерения диапазонных свойств исследуемой антенны. Для этого выполнить следующие операции.

6.1. Изменяя в небольших пределах частоту генератора, добиться максимальных показаний измерительного прибора усилителя. Поскольку определение геометрических размеров антенны производилось по приближенным формулам, а также вследствие неточности сборки антенны, она оказывается не настроенной точно в резонанс. В этом пункте производится ее точная настройка и определение резонансной частоты $F_{рез}$, которой соответствуют максимальные показания прибора q_{\max} . Как и ранее, показания прибора прямо пропорциональны принимаемой мощности.

6.2. Снять зависимость принимаемой мощности (показания измерительного прибора q) от частоты генератора F . Данные измерений занести в таблицу. Частоту генератора изменять до тех пор, пока показания прибора не уменьшатся в 2,5 раза. Изменение частоты производить сначала в сторону уменьшения, а затем в сторону увеличения относительно $F_{рез}$.

Примерный перечень экзаменационных билетов (оригинальный перечень экзаменационных билетов по дисциплине содержится в Приложении 1)

Билет 1

1. Распространение радиоволн в идеальном диэлектрике.
2. Основные характеристики антенн.

Билет 2

1. Распространение радиоволн в полупроводящей среде.
2. Строение атмосферы Земли. Причины образования ионосферы и ионосферные слои.

Билет 3

1. Принцип Гюйгенса и зоны Френеля.
2. Атмосферная турбулентность и ее влияние на распространение радиоволн в тропосфере и ионосфере.

Билет 4

1. Отражение вертикально-поляризованной радиоволны от земной поверхности.
2. Особенности распространения радиоволн в земной ионосфере.

Билет 5

1. Отражение горизонтально-поляризованной радиоволны от земной поверхности.
2. Влияние ионосферы на распространение радиоволн в различных диапазонах.

Билет 6

1. Эффект Фарадея.
2. Вибратор Герца и основные его характеристики как антенны.

Билет 7

1. Распространение радиоволн при приподнятых над Землей антеннах. Формула Введенского.
2. Симметричный и заземленный вибраторы.

Билет 8

1. Распространение радиоволн при наличии экранирующих препятствий. Эффект усиления препятствием.
2. Антенная система с активными вибраторами.

Билет 9

1. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля.

2. Влияние земной поверхности на поле расположенного вблизи нее антенного диполя.

Билет 10

1. Распространение радиоволн вдоль неоднородной трассы.

2. Тропосферная рефракция. Радиус кривизны траектории.

Билет 11

1. Влияние сферичности земной поверхности на распространение радиоволн.

2. Дальнее распространение радиоволн в тропосфере.

Билет 12

1. Влияние геомагнитного поля на коэффициент преломления в ионосфере. Обыкновенная и необыкновенная волны.

2. Вертикальное зондирование ионосферы. ВЧХ (высотно-частотная характеристика).

Билет 13

1. Первая теорема эквивалентности.

2. Антенная система с пассивным вибратором.

Билет 14

1. Диэлектрическая проницаемость в ионосфере (без учета влияния магнитного поля).

2. Фазовая и групповая скорости распространения радиоволн в ионосфере.

Билет 15

1. Ионосферная рефракция радиоволн. Максимально применимая частота.

2. Поглощение в тропосфере.

Билет 16

1. Основные характеристики радиоволн (диапазоны, применимость, изменчивость и т.д.).

2. Антенная система с активным рефлектором.

РЕГЛАМЕНТ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ (БРС):

Контрольная ♦1 - сентябрь - 10 баллов (макс.)

Контрольная ♦2 - октябрь - 10 баллов (макс.)

Контрольная ♦3 - ноябрь - 10 баллов (макс.)

Лабораторная работа ♦1 ("Исследование характеристик направленности симметричных вибраторов") - конец октября - 10 баллов (макс.)

Лабораторная работа ♦2 ("Исследование характеристик направленности многовибраторных антенн") - конец ноября - 10 баллов (макс.)

Итого за работу в семестре 50 баллов (макс.)

К экзамену допускаются студенты, набравшие не менее 27,5 баллов за семестр.

Максимальная оценка за экзамен - 50 баллов.

Итоговый регламент по дисциплине 100 баллов (макс.). При этом

86-100 баллов - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удовл.);

менее 55 баллов - "неудовлетворительно" (неуд.).

7.1. Основная литература:

Муромцев Д.Ю., Зырянов Ю.Т., Федюнин П.А., Белоусов О.А., Рябов А.В., Головченко Е.В. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Лань, 2014.

- 448с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50680

Шостак А.С., Корогодов В.С., Козлов В.Г. Техническая электродинамика, Основы электродинамики и распространение радиоволн, Антенны и устройства СВЧ.

Издательство: ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники), 2012. - 137 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10907

Скобелев С.П. Фазированные антенные решетки с секторными парциальными диаграммами направленности. Издательство: "Физматлит", 2010. - 317 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2322

Григорьев И. Н. Практические конструкции антенн. Издательство: "ДМК Пресс", 2009. -352 с.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=827

7.2. Дополнительная литература:

Петров, Борис Михайлович. Электродинамика и распространение радиоволн: учебник для студентов вузов. - Москва: Горячая линия-Телеком, 2003. - 558 с.

- ISBN 5-93517-073-6.

Каганов, Вильям Ильич. Радиотехнические цепи и сигналы: компьютеризированный курс. ? Москва: ФОРУМ: [ИНФРА-М], 2013. ? 431 с.

? ISBN 978-5-16-006471-0 (ИНФРА-М), 500.

7.3. Интернет-ресурсы:

Интернет-Университет Информационных Технологий - <http://www.intuit.ru/>

О программе моделирования антенн MMANA-GAL - <http://www.radio.ru/mmana/new.shtml>

Описание возможностей программы MMANA - <http://gal-ana.de/basicmm/ru/>

Программа моделирования MMANA-GAL basic 3.0.0.30 - <http://www.radio.ru/mmana/>

Сайт кафедры радиоастрономии. - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=5725

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Распространение радиоволн и антенны" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

□ компьютерная техника;

- комплекс аппаратуры радиозондирования ионосферы;
- лабораторный антенный комплекс.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе Электромагнитные волны в средах .

Автор(ы):

Колчев А.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Хуторова О.Г. _____

"__" _____ 201__ г.