

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет радиотехники и электроники

“УТВЕРЖДАЮ”

Декан РЭФ

профессор, д.т.н. Хрусталева
Владимир Александрович

“ ___ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Электротехника и электроника: Электродинамика и распространение
радиоволн

ООП: направление 210300.62 Радиотехника

Шифр по учебному плану: ОПД.Ф.3.2

Факультет: радиотехники и электроники очная форма обучения

Курс: 3, семестр: 5

Лекции: 36

Практические работы: - Лабораторные работы: 18

Курсовой проект: - Курсовая работа: - РГЗ: 5

Самостоятельная работа: 56

Экзамен: - Зачет: 5

Всего: 110

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 552500 Радиотехника.(№ 152 тех/бак от 17.03.2000)

ОПД.Ф.3.2, дисциплины федерального компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Радиоприемные и радиопередающие устройства протокол № 3 от 31.08.2011

Программу разработал

профессор, д.т.н.

Горбачев Анатолий Петрович

Заведующий кафедрой

профессор, д.т.н.

Киселев Алексей Васильевич

Ответственный за основную образовательную программу

профессор, д.т.н.

Киселев Алексей Васильевич

профессор, д.т.н.

Спектор Александр Аншелевич

1. Внешние требования

ОПД.Ф.03.02	<p>Электродинамика и распространение радиоволн: электромагнитные волны в направляющих системах: виды направляющих систем, собственные волны в прямоугольных и круглых волноводах, поверхностные волны; особенности распространения волн в микрополосковых, щелевых и квазиоптических системах, связь и возбуждение направляющих систем, потери энергии; электромагнитные колебания в объемных резонаторах: резонаторы простой формы, собственная добротность резонаторов; дифракционный метод Кирхгофа и излучение электромагнитных волн различными источниками; законы распространения электромагнитных волн над поверхностью Земли, в атмосфере и ионосфере.</p>	100
-------------	--	-----

2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	ГОС № 152 тех/бак
Адресат курса	Студенты 3 курса, обучающиеся по направлению 210300 - Радиотехника
Основная цель (цели) дисциплины	Изучение электромагнитного поля в волноведущих системах, резонаторах, излучение, дифракции и распространения радиоволн. Эти знания являются теоретической основой для анализа и проектирования любых электродинамических систем.
Ядро дисциплины	Ядро курса составляют решения волновых уравнений в различных электродинамических системах и различных природных условиях.
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	<p>Основы телевидения и видеотехники Знать: принципы и методы обработки аудио и видео сигналов. Уметь: моделировать процессы обработки сигналов в узлах современной аудио и видеотехники.</p> <p>Радиоприемные устройства Знать: принципы и методы моделирования линейных и нелинейных радиотехнических цепей. Уметь: моделировать узлы современных радиоприемных устройств.</p>
Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	<p>Специальные главы математики Знать: основные характеристики случайных величин, наиболее распространенные виды законов распределения. Уметь: определять основные характеристики случайных величин.</p>

	<p>Основы теории цепей Знать: основные законы электротехники. Уметь: рассчитывать токи и напряжения в электрических цепях.</p> <p>Радиотехнические цепи и сигналы Знать: математическое описание сигналов во временной и частотной областях. Уметь: вычислять параметры сигналов при прохождении их через линейные радиотехнические цепи.</p>
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	Учебный процесс организован стандартно.

3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
1	об основных типах электродинамических систем
2	о математических моделях ЭД систем
3	о методах расчета параметров ЭД систем
4	о структуре электромагнитного поля в основных типах ЭД систем
знать	
5	Способы описания ЭД систем
6	Исходные соотношения для расчета ЭД систем
7	Основные методы расчета параметров ЭД систем
уметь	
8	Строить математические модели электромагнитных процессов в кусочно-однородных средах
9	Рассчитывать параметры основных типов ЭД систем
10	Изображать структуру электромагнитных полей и токов в регулярных направляющих и колебательных системах
иметь опыт (владеть)	
11	Определения характеристик электромагнитных полей

4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 5		
Модуль: Прямоугольные и круглые волноводы.		
Дидактическая единица: интегральные и дифференциальные уравнения электромагнетизма;		

полная система уравнений Максвелла, граничные условия;		
<p>Электромагнитные поля в продольно однородных системах. Представление поперечных компонент поля через продольные. Классификация плоских волн. Коэффициенты распространения в однородном заполнении</p> <p>Длина и фазовая скорость направляемых волн. Электромагнитные волны в прямоугольном волноводе. Характеристические параметры волновода. Основная волна прямоугольного волновода.</p> <p>Высшие типы волн. Лучевая картина распространения основной волны. Геометрическая интерпретация отсечки волны. Геометрическая интерпретация длины волны.</p> <p>Круглый волновод. Типы волн круглого волновода. E и H-волны круглого волновода. Критические частоты круглого волновода. Волноводы сложных сечений.</p>	10	1, 2, 3, 4, 5, 9
Модуль: Полосковые и микрополосковые линии.		
<p>Дидактическая единица: энергия электромагнитного поля; теорема Умова-Пойтинга; граничные задачи электродинамики; аналитические и численные методы решения граничных задач;</p> <p>электромагнитные волны в различных средах;</p>		
<p>Многосвязные направляющие системы. Линии передачи с волнами типа Т (ТЕМ). Вывод телеграфных уравнений из уравнений Максвелла. Коаксиальная линия. Высшие типы волн коаксиальной линии.</p> <p>Полосковые и микрополосковые; щелевые, копланарные линии передачи.</p> <p>Диэлектрические и оптические волноводы. Особенности диэлектрических волноводов. Лучевая картина в диэлектрическом волноводе. Эффективное сечение диэлектрического волновода. Анализ круглого диэлектрического волновода.</p>	6	1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9
Модуль: Резонаторы.		
<p>Дидактическая единица: электродинамические потенциалы; электромагнитные волны в направляющих системах; электромагнитные колебания в объемных резонаторах;</p>		
<p>Разновидности объемных резонаторов. Направляющая система и объемный резонатор. Резонаторы произвольной формы. Свободные колебания при поглощении. Прямоугольный резонатор. Цилиндрический резонатор. Коаксиальный резонатор. Резонаторы, близкие к квазистационарным. Периодические системы. Импедансные поверхности. Квазиоптические</p>	4	1, 10, 2, 3, 5, 6, 7

направляющие системы и резонаторы.		
Модуль: Распространение радиоволн.		
Дидактическая единица: возбуждение электромагнитных полей заданными источниками; излучение электромагнитных волн в свободное пространство;		
<p>Сторонний ток и поле излучения. Преобразование и анализ решения. Элементарный электрический излучатель. Характеристики излучения диполя Герца. Магнитные источники и принцип двойственности. Задача об элементарном магнитном излучателе с точки зрения принципа двойственности.</p> <p>Обобщенная задача об излучении и принцип Гюйгенса. Симметричные уравнения Максвелла и обобщенная задача об излучении.</p> <p>Эквивалентные поверхностные источники и принцип Гюйгенса. Элемент Гюйгенса. Принцип взаимности. Явление дифракции и электродинамические задачи. Общее представление о дифракции.</p>	6	1, 10, 11, 3, 4, 5, 7, 9
Дидактическая единица: теорема запаздывающих потенциалов; распространение электромагнитных волн вблизи поверхности Земли; тропосферное распространение радиоволн;		
<p>Постановка задачи дифракции. Предельные случаи. Метод Гюйгенса-Кирхгофа. Интегральные характеристики дифракции.</p> <p>Дифракция Фраунгофера на отверстиях. Применение метода Гюйгенса-Кирхгофа. Поле дифракции Фраунгофера. Дифракция Френеля на отверстиях. Исследование дифракции Френеля. Дополнительные интерпретации (дифракция Френеля). Зоны Френеля. Взаимно дополнительные экраны. Принцип Бабинне.</p>	6	1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9
Дидактическая единица: распространение радиоволн в условиях пересеченной местности и при наличии препятствий; модели и методы расчета радиотрасс.		
<p>Распространение радиоволн. Представление о радиопутьях. Распространение радиоволн в свободном пространстве. Радиоволны в природных условиях. Диапазоны радиоволн. Влияние поверхности Земли. Общий подход. Доминантная область (область, существенная для распространения радиоволн). Доминантная область (область, существенная для распространения радиоволн). Вывод на основе зон Френеля.</p> <p>Геометрическая оптика и теория дифракции при анализе распространения радиоволн. Земные радиоволны. Распространение земных волн при неприменимости элементарной модели. Учет сферичности Земли.</p>	4	1, 10, 2, 3, 5, 6, 7

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 5			
Модуль: Прямоугольные и круглые волноводы.			
Дидактическая единица: интегральные и дифференциальные уравнения электромагнетизма; полная система уравнений Максвелла, граничные условия;			
Волновод	студенты изучают основные параметры прямоугольного волновода: критической частотой, излучением из открытого конца, дисперсией.	4	1, 11, 2, 3, 7, 8
Модуль: Полосковые и микрополосковые линии.			
Дидактическая единица: энергия электромагнитного поля; теорема Умова-Пойтинга; граничные задачи электродинамики; аналитические и численные методы решения граничных задач; электромагнитные волны в различных средах;			
моделирование электрического поля в поперечном сечении линии передачи с Т-волной	студенты знакомятся с особенностями структуры электрического поля в поперечном сечении коаксиальной и полосковой линий с Т - волной.	4	1, 11, 2, 3, 7, 8
Модуль: Распространение радиоволн.			
Дидактическая единица: распространение радиоволн в условиях пересеченной местности и при наличии препятствий; модели и методы расчета радиотрасс.			
дифракционный усилитель на основе зон Френеля	студенты знакомятся с устройством, принципом действия и применением дифракционного	4	1, 11, 2, 3, 7, 8

	усилителя поля электромагнитных волн.		
Модуль: Резонаторы.			
Дидактическая единица: электродинамические потенциалы; электромагнитные волны в направляющих системах; электромагнитные колебания в объемных резонаторах;			
измерительная линия	студенты изучают устройство и принцип работу измерительной линии и осваивают приемы измерения параметров стоячей волны.	6	1, 11, 2, 3, 7, 8

5. Самостоятельная работа студентов

Семестр- 5, : Подготовка к зачету

Самоподготовка к зачету по материалам пройденных лекций и рекомендуемой литературе (15 часов).

Семестр- 5, РГЗ

Расчетно-графическое задание (26 часов).

Примеры типовых заданий

Прямоугольный волновод.

- Для прямоугольного волновода с размерами поперечного сечения $a \times b$ в заданном диапазоне частот:
- Определить типы волн, распространяющиеся в нем;
- Для низшего типа волны рассчитать и построить зависимости следующих параметров от частоты (длины волны): $\beta, v_{\phi}, v_{\text{фаз}}, W^{H,E}, \alpha, P_{\text{н\ddot{o}}}$;
- Показать на эскизе способы связи волновода с питающей линией для возбуждения волны низшего типа и первого высшего;
- Изобразить картины силовых линий полей для первых пяти типов волн (с пояснениями), а также линии токов проводимости и смещения для низшего типа поля. Дать пояснения.

Вариант 1.

$a = 14$ мм, $b = 10$ мм, $12.0 \leq f \leq 19.0$ ГГц.

Материал – алюминий.

Вариант2.

$a = 47.55$ мм, $b = 22.15$ мм, $4.5 \leq f \leq 7.8$ ГГц.

Материал – латунь.

Семестр- 5, Подготовка к занятиям

Подготовка к лекциям, лабораторным работам и практическим занятиям (15 часов).

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

Вводная часть

Для аттестации студентов по дисциплине используется рейтинговая система. Сумма баллов за текущую деятельность в семестре составляет не более 60 баллов. Количество баллов по итоговой аттестации (зачет) не превышает 40 баллов. В течение 3 семестра необходимо выполнить и защитить 4 лабораторные работы и РГЗ, установленные учебным графиком (см. таблицу).

Правила текущей аттестации

1. К защите лабораторной работы и РГЗ допускается студент, выполнивший соответствующее задание в полном объеме и представивший отчет.

2. На защите студент должен ответить на 2-3 теоретических вопроса и 1-2 вопроса по порядку выполнения работы.

3. Максимальное количество баллов, соответствующее оценке «отлично», выставляется, если студент исчерпывающе ответил на все вопросы. Минимальное количество баллов, равное половине от максимального и соответствующее оценке «удовлетворительно», выставляется, если при защите были выявлены серьезные недочеты. Среднее количество баллов выставляется в промежуточном случае (см. шкалу баллов в таблице).

4. Передача лабораторной работы или РГЗ назначается в случае, если студент не ориентируется в учебном материале, не может объяснить ход и результаты выполнения работы. Передача, как и невыполнение учебного графика в срок, сопровождается снижением максимального количества баллов на 30%.

Правила итоговой аттестации

1. К зачету допускаются студенты, набравшие не менее 30 баллов по результатам текущего рейтинга (таблица 6.1).

2. В билет входит 3 теоретических вопроса.

3. 34-40 баллов выставляется, если все задания выполнены полностью, без серьезных замечаний. 27-33 баллов – если без серьезных замечаний выполнены 2 задания из трех. 20-26 баллов – если выполнены два задания из трех, но с серьезными замечаниями.

Таблица 6.1

	Вид учебной работы	Диапазон баллов	Срок выполнения (неделя семестра)
1	Лабораторная работа 1	5-10	2
2	Лабораторная работа 2	5-10	6
3	Лабораторная работа 3	5-10	10
4	Лабораторная работа 4	5-10	14
5	Защита РГЗ	10-20	15-16
Итого по текущему рейтингу		30-60	
6	Зачет	20-40	
Итого по дисциплине		50-100 (зачет)	

Для получения допуска к экзамену студент должен набрать не менее 30 баллов по позициям 1 - 5 таблицы 6.1.

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Петров Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн : учебник для вузов по направлению "Радиотехника" и специальностям "Радиотехника", "Радиофизика и электроника", "Бытовая радиоэлектронная аппаратура" / Б. М. Петров. - М., 2007. - 558 с. : ил. - Рекомендовано МО.

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн : [учебник для вузов по специальности 2011 (Радиовещание, радиосвязь, телевидение)] / Г. А. Ерохин [и др.] ; под ред. Г. А. Ерохина. - М., 2007. - 491 с. : ил. - На тит. л. и обл. авт.: О. В. Чернов. - В вып. дан. : О. В. Чернышев. - Рекомендовано МО.
2. Морозов А. В. Электродинамика и распространение радиоволн : [учебник для высших военных учебных заведений по специальностям направления "Радиотехника"] / А. В. Морозов, А. Н. Нырцов, Н. П. Шмаков. - М., 2007. - 408 с. : ил.
3. Нефедов Е. И. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн : [учебник для образовательных учреждений среднего профессионального образования] / Е. И. Нефёдов. - М., 2006. - 315, [1] с. : ил. - Рекомендовано МО.
4. Электродинамика и распространение радиоволн : [учебное пособие для вузов] / В. А. Неганов [и др.] ; под ред. В. А. Неганова и С. Б. Раевского. - М., 2005. - 647 с. : ил. - Рекомендовано УМО.
5. Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов / В. В. Никольский. - М., 1989. - 543 с. : ил.
6. Марков Г. Т. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов / Г. Т. Марков, Б. М. Петров, Г. П. Грудинская. - М., 1979. - 374 с.
7. Красюк Н. П. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов / Н. П. Красюк, Н. Д. Дымович. - М., 1974. - 536 с. : черт.
8. Баскаков С. И. Электродинамика и распространение радиоволн : [учебное пособие для вузов] / С. И. Баскаков]. - М., 1992. - 416 с. - Рекомендовано МО.
9. Никольский В. В. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие для вузов по специальности "Радиофизика" и "Радиотехника" / В. В. Никольский. - М., 1978. - 543 с. : ил.

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Электродинамика и распространение радиоволн : методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Электродинамика и распространение радиоволн" для всех форм

обучения 3 курса факультета "Радиотехника и электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, М. А. Степанов]. - Новосибирск, 2010. - 39, [2] с. : ил.

В электронном виде

1. Электродинамика и распространение радиоволн : методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Электродинамика и распространение радиоволн" для всех форм обучения 3 курса факультета "Радиотехника и электроника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, М. А. Степанов]. - Новосибирск, 2010. - 39, [2] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3823.pdf>

9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине **Вопросы к зачету**

1. Электромагнитные поля в продольно однородных системах. Представление поперечных компонент поля через продольные. Классификация плоских волн. Коэффициенты распространения в однородном заполнении.
2. Длина и фазовая скорость направляемых волн. Электромагнитные волны в прямоугольном волноводе. Характеристические параметры волновода. Основная волна прямоугольного волновода.
3. Высшие типы волн. Лучевая картина распространения основной волны. Геометрическая интерпретация отсечки волны. Геометрическая интерпретация длины волны.
4. Круглый волновод. Типы волн круглого волновода. Е и Н-волны круглого волновода. Критические частоты круглого волновода. Волноводы сложных сечений.
5. Многосвязные направляющие системы. Линии передачи с волнами типа Т (ТЕМ). Вывод телеграфных уравнений из уравнений Максвелла. Коаксиальная линия. Высшие типы волн коаксиальной линии.
6. Полосковые и микрополосковые; щелевые, копланарные линии передачи.
7. Диэлектрические и оптические волноводы. Особенности диэлектрических волноводов. Лучевая картина в диэлектрическом волноводе. Эффективное сечение диэлектрического волновода. Анализ круглого диэлектрического волновода.
8. Разновидности объемных резонаторов. Направляющая система и объемный резонатор. Резонаторы произвольной формы. Свободные колебания при поглощении. Прямоугольный резонатор. Цилиндрический резонатор.
9. Коаксиальный резонатор. Резонаторы, близкие к квазистационарным. Периодические системы. Импедансные поверхности. Квазиоптические направляющие системы и резонаторы.
10. Сторонний ток и поле излучения. Преобразование и анализ решения. Элементарный электрический излучатель. Характеристики излучения диполя Герца. Магнитные источники и принцип двойственности. Задача об элементарном магнитном излучателе с точки зрения принципа двойственности.
11. Обобщенная задача об излучении и принцип Гюйгенса. Симметричные уравнения Максвелла и обобщенная задача об излучении.
12. Эквивалентные поверхностные источники и принцип Гюйгенса. Элемент Гюйгенса. Принцип взаимности. Явление дифракции и электродинамические задачи. Общее представление о дифракции.
13. Постановка задачи дифракции. Предельные случаи. Метод Гюйгенса-Кирхгофа. Интегральные характеристики дифракции.
14. Дифракция Фраунгофера на отверстиях. Применение метода Гюйгенса-Кирхгофа. Поле дифракции Фраунгофера. Дифракция Френеля на отверстиях.

15. Исследование дифракции Френеля. Дополнительные интерпретации (дифракции Френеля). Зоны Френеля. Взаимно дополнительные экраны. Принцип Бабинне.
16. Распространение радиоволн. Представление о радиолиниях. Распространение радиоволн в свободном пространстве. Радиоволны в природных условиях. Диапазоны радиоволн. Влияние поверхности Земли. Общий подход. Доминантная область (область, существенная для распространения радиоволн). Доминантная область (область, существенная для распространения радиоволн). Вывод на основе зон Френеля.
17. Геометрическая оптика и теория дифракции при анализе распространения радиоволн. Земные радиоволны. Распространение земных волн при неприменимости элементарной модели. Учет сферичности Земли.