Межгосударственная образовательная организация высшего образования «Российско-Армянский университет»

Утверждено
Директор Института
Агаронян А.К. _____
«19» июня 2026 г., протокол № 10
Утвержден Ученым Советом ИМФВТ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: **Б1.О.07 «Прикладная электродинамика»**

Автор *доктор тех. наук, профессор Аветисян В.Г.*
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Наименование образовательной программы: Беспроводные коммуникации и сенсоры

Согласовано:

Заведующий Базовой кафедрой Телекоммуникаций
Сиволенко Э. Р.
_____
(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Учебная программа дисциплины «Прикладная электродинамика» ориентирована на подготовку высокопрофессиональных кадров в области телекоммуникаций, которые должны обладать основополагающими знаниями в теории классической электродинамики, в сути электромагнитных процессов, происходящих в различных средах и в направляющих системах, поскольку они необходимы и являются важнейшими при проектировании и функционировании современных телекоммуникационных систем и сетей. Актуальной практической задачей дисциплины является подготовка студентов к творческому профессиональному восприятию последующих специальных дисциплин.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах - 3 и часах - 108, форма итогового контроля - зачет;

1.3. Данная дисциплина теснейшим образом взаимосвязана с дисциплинами: электромагнитные поля и волны, физические основы техники СВЧ, беспроводные коммуникации и сенсоры, построение телекоммуникационных сетей и систем, теория связи с подвижными объектами и с последующими УМКД магистратуры.

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*
ОПК-1	Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	***ОПК-1.1***	**Знает** фундаментальные законы природы и основные физические математические принципы и методы накопления, передачи и обработки информации
		ОПК-1.2	**Умеет** применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и

		ОПК-1.3	прикладного характера в области инфокоммуникаций **Владеет** навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач в области инфокоммуникаций
ПК-3	***Способен самостоятельно собирать и анализировать исходные данные с целью формированию плана развития, выработке и внедрению научно обоснованных решений по оптимизации сети связи.***	***ПК-3.1***	**Знает** методы и подходы к формированию планов развития сети, средства сбора и анализа исходных данных для развития и оптимизации сети связи.
		ПК-3.2	**Умеет** применять современные методы исследований с целью создания перспективных сетей связи, осуществлять поиск, анализировать и оценивать информацию, необходимую для эффективного выполнения задачи планирования.
		ПК-3.3	**Владеет** навыками выбора технологий для предоставления услуг связи, расчета экономической эффективности принимаемых технических решений, навыками анализа качества работы технических средств связи

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. ***Цель дисциплины*** - изучение основ теории электромагнитных явлений, происходящих в различных средах и в направляющих системах при распространении волн в них применительно к решению проблем электродинамического и

радиотехнического характеров, а также формирование у студентов навыков выполнения необходимых расчетов при решении подобных проблем.

Задача - обеспечение основополагающих знаний прикладного характера в области электродинамики и радиотехники, предусмотренных в программе обучения.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах-108 и зачетных единицах -3) ***(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)***

Виды учебной работы	**Всего, в акад. часах**	**Распределение по семестрам**					
		_I__ сем	**__II_ сем**	**_III _ сем**	**_IV сем.**	**___ сем**	**____ сем.**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**108**		**108**				
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**32**		**32**				
1.1.1.Лекции	**16**		**16**				
1.1.2.							
1.1.3.Практические занятия, в т. ч.	**16**		**16**				
1.1.3.1. Другое (указать)							
1.1.4.Семинары							
1.1.5.Лабораторные работы							
1.1.6.Другие виды (указать)							
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**76**		**76**				
1.2.1. Подготовка к экзаменам							
1.2.2. Другие виды самостоятельной работы, в т.ч. (указать)							
1.2.2.1.Письменные домашние задания							
1.3. Консультации							
1.4. Другие методы и формы занятий							
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**зачет**		**зачет**				

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. **Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему**

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекционные занятия (ак. часов)	Семинарские занятия (ак. часов)	Практические занятия (ак. часов)	Лабораторные работы (ак. часов)
1	2	3	4	5	6
Модуль 1. Электромагнитное поле и параметры среды	**1**	**1**	**-**	**-**	**-**
Введение					
Раздел 1. Векторы электромагнитного поля и классификация сред		**1**			
Тема 1.1. Векторы электрического поля		**0.5**			
Тема 1.2. Векторы магнитного поля		**0.25**			
Тема 1.3. Виды полей и сред		**0.25**			
Модуль 2. Основные уравнения электродинамики	**1,5**	**1,5**			
Раздел 2. Уравнения Максвелла и материальные уравнения		**1,5**			
Тема 2.1. Обобщённые законы Ампера и Фарадея		**0.5**			
Тема 2.2. Обобщённый закон Гаусса и соленоидальность магнитного поля		**0.5**			
Тема 2.2. Материальные уравнения и полная система уравнений электродинамики		**0.5**			
Модуль 3. Граничные условия	**1**	**1**			
Раздел 3. Граничные условия для векторов электрического и магнитного полей		**1**			
Тема 3.1. Граничные условия для векторов электрического поля		**0.25**			
Тема 3.2. Граничные условия для векторов магнитного поля		**0.25**			
Тема 3.2. Интерпретация граничных условий при различных границах раздела		**0.25**			
Тема 3.4. Полная система граничных условий и следствия из них		**0.25**			
Модуль 4. Энергия электромагнитного поля и теорема единственности	**1**	**1**			
Раздел 4. Энергетические соотношения	**1**	**1**			

электромагитного поля					
Тема 4.1. Баланс энергии поля и энергетические характеристики электромагитного поля		**0.5**			
Тема 4.2. Уравнения Максвелла для монохроматического поля и уравнение баланса в этом случае. Теорема единственности для внутренних и внешних задач электродинамики		**0.5**			
Модуль 5. Волновые уравнения. Электродинамические потенциалы. электромагнитная волна.	**2,5**	**2,5**			
Раздел 5. Волновые уравнения и электромагитная волна		**2,5**			
Тема 5.1. Волновые уравнения Даламбера и Гельмгольца. Электродинамические потенциалы		**1**			
Тема 5.2. Электромагитная волна и ее параметры		**1.5**			
МОДУЛЬ 6. ПЛОСКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В ИЗОТРОПНЫХ И АНИЗОТРОПНЫХ СРЕДАХ	**1,5**	**1.5**			
Раздел 6. 1. Волны в однородных и изотропных диэлектриках и проводниках, поляризация волн		**1.5**			
Тема 6.1.1. Волны в однородных диэлектриках и проводниках. Виды поляризации волн		**0,75**			
Раздел 6. 2. Волны в анизотропных средах		**0,75**			
Тема 6.2.1. Анизотропия и общая постановка решения задачи распространения плоской волны в гиротропных средах		**0.75**			
МОДУЛЬ 7. ВОЛНОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД. СКИН-ЭФФЕКТ.	**3,5**	**0.5**		**3**	
Раздел 7.1. Общая постановка задачи падения волны на границу раздела двух сред.		**0.5**		**1**	
Тема 7.1.1. Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков. Формулы Френеля		**0.5**		**1**	
Раздел 7.2. Особые явления на границе раздела сред		**1**		**-**	
Тема 7.2.1. Угол Брюстера. Полное отражение от границы раздела двух сред		**0.5**		**1**	
Тема 7.2.2. Падение плоской волны из идеального диэлектрика на границу с поглощающей средой		**0.25**		**0.25**	
Тема 7.2.3. Скин-эффект		**0.25**		**0.75**	
МОДУЛЬ 8. НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ	**3,5**	**0,5**		**3**	
Раздел 8. 1. Проводные, полосковые и коаксиальные линии передачи		**0.5**		**1**	

Тема 8.1. Однопроводная, двухпроводная, микрополосковая и коаксиальная линии передачи		**0.5**		**1**	
Раздел 8. 2. Волноводные и квазиоптические линии передачи		**-**		**2**	
Тема 8.2.1. Волноводные линии передачи		**-**		**1.5**	
Тема 8.2.2. Диэлектрический волновод, сверхразмерный волновод и зеркально-линзовые линии передачи		**-**		**0.5**	
МОДУЛЬ 9. СОГЛАСОВАНИЕ СРЕД И В ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ	**4,5**	**0.5**		**4**	
Раздел 9. 1. Согласование и его необходимость		**0.5**		**0.5**	
Тема 9.1.1. Понятие согласования, причины согласования. Согласование сред, просветляющие покрытия		**-**		**0.5**	
Раздел 9. 2. Согласование линий передач и его способы		**-**		**2.5**	
Тема 9.2.1. Телеграфные уравнения, входное сопротивление линии передачи		**-**		**0.25**	
Тема 9.2.2. Коэффициент стоячей волны. Способы согласования.		**-**		**0.25**	
МОДУЛЬ 10. ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННО – ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ПРИЁМА СИГНАЛОВ	**3,5**	**1,5**		**2**	
Раздел 10.1. Назначение и классификация антенн. Поля излучения антенн.		**0.5**		**2**	
Тема 10.1.1. Назначение антенн. Антенны с линейными токами, апертурные антенны, антенны поверхностных волн, антенные решетки. Поля излучения антенн		**0.5**		**-**	
Раздел 10.2. Основные параметры антенн.		**1**		**1**	
Тема 10.2.1. Диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, коэффициент усиления, коэффициент полезного действия, эффективная площадь		**1**		**1**	
МОДУЛЬ 11. ГЕНЕРИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ И ГЕНЕРАТОРНЫЕ ПРИБОРЫ	**3**	**2**		**1**	
Раздел 11.1. Автоколебания. Принципы генерирования		**1**		**0,5**	
Тема 11.1.1. Автоколебания. Структура генератора.		**0.5**			
Тема 11.1.2. Положительная обратная связь. Понятие отрицательного сопротивления		**0.5**		**0.5**	
Раздел 11.2. Электровакуумные и твердотельные приборы		**-**		**-**	

Тема 11.2.1. СВЧ триод, клистроны, лампы бегущей и обратной волны, магнетроны. Их параметры		-		-	
Тема 11.2.2. Биполярные и полевые транзисторы. Лавинно-пролетный, тунельный и ганновский диоды		-		-	
МОДУЛЬ 12. СИСТЕМЫ СВЯЗИ И РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	**6**	**2**		**4**	
Раздел 12.1. Системы связи. Уравнение связи		**1**		**1**	
Тема 12.1.1. Наземные и космические системы связи. Уравнение связи		-		**1**	
Раздел 12.2. Радиолокационные системы. Уравнение радиолокации		-		-	
Тема 12.2.1. Назначение радиолокационных систем. Эффективная площадь рассеяния цели. Уравнение радиолокации		**0.5**		**1**	
Тема 12.2.2. Принципы измерения скорости, дальности и угловых координат. Сверхширокополосные сигналы		**0.5**		**1**	
Раздел 12.3. Виды радиолокационных станций.		**1**		-	
Тема 12.3.1. **Радиолокационные станции непрерывного действия, импульсные и моноимпульсные радиолокационные станции**		**1**		-	
ИТОГО	**32**	**16**		**16**	

МОДУЛЬ 1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ПАРАМЕТРЫ СРЕДЫ

Введение

Фундаментальные типы взаимодействий в порядке возрастания их интенсивностей: гравитационное, слабое, электромагнитное и сильное. Физические поля. Электромагнитное поле в неподвижных средах. Содержание дисциплины. Макроскопическая или классическая электродинамическая теория. Вещество и поле. Понятие сплошной среды, как среды с непрерывно распределёнными в пространстве параметрами. Усредненные по пространству и по времени величины, характеризующие электромагнитное поле. Подходы к решению задач в зависимости от соотношения между длиной волны волнового процесса и размерами рассматриваемой электродинамической системы. Краткая история создания макроскопической теории электромагнитного поля

(Б [1] , §1.1, О [1] , §1.2, Д [3] , Введение).

Раздел 1. Векторы электромагнитного поля и классификация сред

Тема 1.1. Векторы электрического поля

Напряжённость электрического поля. Поляризация. Диполь и дипольный момент. Действие поля на диполи. Вращающий момент диполя. Вектор поляризованности. Относительная диэлектрическая проницаемость среды. Вектор электрического смещения. Закон Кулона. Поле точечного заряда. (Б [1], § 1.2).

Тема 1.2. Векторы магнитного поля

Сила Лоренца. Вектор магнитной индукции. Сила, действующая на проводник с током. Момент сил, действующий на рамку с током. Магнитное поле рамки. Явление намагничивания. Диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные среды. Вектор намагниченности. Вектор напряжённости магнитного поля. Магнитная восприимчивость, относительная магнитная проницаемость. (Б [1], §1.2).

Тема 1.3 Виды полей и сред

Классификация сред – линейные, однородные, неоднородные, изотропные и анизотропные. Графическое изображение полей. Потенциальные и вихревые поля. (Б [1], §§1.3 – 1.5).

МОДУЛЬ 2. ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

Раздел 2. Уравнения Максвелла и материальные уравнения

Тема 2.1. Обобщённые законы Ампера и Фарадея

Закон Ампера для постоянного тока. Обобщение Максвелла и ток смещения. Интегральная и дифференциальная формы обобщённого закона Ампера. Закон Фарадея. Обобщение закона Фарадея. Разные математические формы обобщённого закона Фарадея. (Б [1], §§2.1 – 2.2).

Тема 2.2. Обобщённый закон Гаусса и соленоидальность магнитного поля

Закон Гаусса. Обобщение Максвелла. Разные математические формы обобщённого закона Гаусса и гипотеза отсутствия магнитных зарядов. (Б [1], §§2.3 – 2.4).

Тема 2.3. Следствия уравнений Максвелла, закон Ома

Уравнение непрерывности. Закон сохранения заряда. Закон Ома в дифференциальной форме. Классификация сред на проводники и диэлектрики. Время релаксации проводящей среды. (Б [1], §§2.5 – 2.7).

Тема 2.4. Материальные уравнения и полная система уравнений электродинамики

Материальные уравнения. Полная система уравнений электродинамики. Принцип суперпозиции. Классификация электромагнитных явлений. Электростатические, магнитостатические, стационарные и квазистационарные процессы. Сторонние токи, поля и заряды. (Б [1], §§2.8 – 2.10).

МОДУЛЬ 3. ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ

Раздел 3. Граничные условия для векторов электрического и магнитного полей

Тема 3.1. Граничные условия для векторов электрического поля

Неприменимость уравнений Максвелла в дифференциальной форме на границе раздела сред. Условия для нормальных составляющих электрического поля. Поверхностные заряды. Условия для касательных составляющих электрического поля. (Б [1], §§3.1 – 3.2).

Тема 3.2. Граничные условия для векторов магнитного поля

Условия для нормальных и касательных составляющих магнитного поля. (Б [1], §3.3).

Тема 3.3. Полная система граничных условий и следствия из них

Полная система граничных условий. Физическая сущность граничных условий. (Б [1], §§3.4 – 3.5).

Тема 3.2. Интерпретация граничных условий при различных границах раздела

Граничные условия для случая переменных полей вблизи поверхности идеального провдника. (Б [1], §3.6).

МОДУЛЬ 4. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ТЕОРЕМА ЕДИНСТВЕННОСТИ

Раздел 4. Энергетические соотношения электромагнитного поля.

Тема 4.1. Баланс энергии поля и энергетические характеристики.

Баланс энергии электромагнитного поля. Вектор и теорема Пойтинга. Плотность энергии, скорость её распространения. (Б [1], §§4.1 – 4.3).

Тема 4.2. Уравнения Максвелла для монохроматического поля и уравнение баланса в этом случае. Теорема единственности для внутренних и внешних задач электродинамики

Метод комплексных амплитуд. Уравнение Максвелла для монохроматического поля. Угол диэлектрических потерь, комплексная диэлектрическая проницаемость. Комплексный вектор Пойтинга, комплексная мощность. (Б [1], §§4.4 – 4.5). Условия единственности решения внутренней задачи и следствия уравнений Максвелла. (Б [1], §4.6). Условия единственности решения внешней задачи и следствия уравнений Максвелла. (Б [1], §4.6).

МОДУЛЬ 5. ВОЛНОВЫЕ УРАВНЕНИЯ. ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОТЕНЦИАЛЫ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ВОЛНА

Раздел 5. Волновые уравнения и электромагитная волна

Тема 5.1. Волновые уравнения Даламбера и Гельмгольца. Электродинамические потенциалы

Преобразование уравнений Максвелла для однородной линейной изотропной среды. Неоднородное и однородное уравнения Даламбера. Однородное уравнение Гельмгольца.
(Б [1], §5.1). Цель введения электродинамических потенциалов. Условие калибровки для потенциалов и упрощённые уравнения Даламбера. Случай переменного точечного заряда. (Б [1], §5.2). Сферические волны. Случай монохроматического поля и уравнения для векторного потенциала. (Б [1], §5.3).

Тема 5.2. Электромагитная волна и ее параметры

Электромагитная волна – форма существования электромагитного поля. Амплитуда, фаза, скорость и длина волны. Постоянная распространения волны (Б [1], §9.1).

МОДУЛЬ 6. ПЛОСКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В ИЗОТРОПНЫХ И АНИЗОТРОПНЫХ СРЕДАХ

Раздел 6. 1. Волны в однородных и изотропных диэлектриках и проводниках, поляризация волн

Тема 6.1.1. Волны в однородных диэлектриках и проводниках. Виды поляризации волн

Волны в диэлектриках. Дисперсионные свойства диэлектриков. Волны в проводниках. Дисперсионные свойства проводников Линейная поляризация. Круговая поляризация. Эллиптическая поляризация. Представление круговой и эллиптической поляризации через линейную и наоборот. Изменение поляризации волны по мере ее распространения в среде. (Б [1], §9.3, О [1], §3.8).

Раздел 6. 2. Волны в анизотропных средах

Тема 6.2. 1. Анизотропия и общая постановка решения задачи распространения плоской волны в гиротропных средах

Явление анизотропии. Тензоры магнитной и диэлектрической проницаемости. Анизотропные естественные и искусственные магнетики и диэлектрики. Ферриты и сегнетоэлектрики. (О [1], §16.1).

МОДУЛЬ 7. ВОЛНОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД. СКИН-ЭФФЕКТ.

Раздел 7.1. Общая постановка задачи падения волны на границу раздела двух сред.

Тема 7.1.1. Падение плоской волны на границу раздела двух диэлектриков. Формулы Френеля

Критерии плоскостности границы раздела, плоскостности и однородности падающей волны. Угол падения, отражения и преломления. Плоскость падения. Законы отражения и преломления. Формулы Френеля. (Б [1], §§10.1 – 10.2).

Раздел 7.2. Особые явления на границе раздела сред

Тема 7.2.1. Угол Брюстера. Полное отражение от границы раздела двух сред

Условие полного прохождения волны во вторую среду. (Б [1], §10.3).

Полное отражение от границы раздела двух диэлектрических сред. Поверхностная волна.

Полное отражение в случае падения волны из диэлектрика на идеальный проводник. Направляемая волна. (Б [1], §10.4).

Тема 7.2.2. Падение плоской волны из идеального диэлектрика на границу с поглощающей средой

Случай падения на поглощающую среду. Понятие оптически плотной среды. Условие Леонтовича при случае падения волны на оптически намного плотную среду.
(Б [1], §§10.5 -10.6).

Тема 7.2.3. Скин-эффект

Явление скин-эффекта и его зависимость от частоты поля. Польза и вред от скин-эффекта. Потери энергии в проводнике. Эквивалентный поверхностный ток. Поверхностное сопротивление проводника. (Б [1], §§11.1 -11.4).

МОДУЛЬ 8. НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Раздел 8. 1. Проводные, полосковые и коаксиальные линии передачи

Тема 8.1. Однопроводная, двухпроводная, микрополосковая и коаксиальная линии передачи

Однопроводная линия. Двухпроводная линия. Четырехпроводная линия. Полосковые и микрополосковые линии передачи. Коаксильная линия. Волновые сопротивления этих линий. Сравнение этих линий передачи и их недостатки при работе на СВЧ.
(О [1], гл.10, §§10.3 - 10.5)

Раздел 8. 2. Волноводные и квазиоптические линии передачи

Тема 8.2.1. Волноводные линии передачи

Волны H_{mn} и E_{mn}. Критические частоты и длины волн. Картины силовых линий в поперечном и продольном направлениях волновода. Основная волна типа H_{10} прямоугольного волновода. Критические длина волны и частота волны H_{10} . Структура волны H_{10}, характер ее затухания с изменением частоты. Выбор размеров одномодового прямоугольного волновода. Преимущества и недостатки волноводов П- и Н- сечений. Картина силовых линий основной волны H_{10} в П и Н волноводах. () [1], гл.9, §§9.1 - 9.4). Основная волна H_{11} круглого волновода. Условие одномодового режима этой волны и её структура. Явление поляризационного вырождения. Эллиптические волноводы. Оптимальные параметры эллиптического волновода. (О [1], гл.9, §§9.5 - 9.6)

Тема 8.2.2. Диэлектрический волновод, сверхразмерный волновод и зеркально-линзовые линии передачи

Общий недостаток одномодовых волноводов любого сечения. Сверхразмерные полые металлические и металло–диэлектрические волноводы. Зеркально–линзовые линии передачи. Диэлектрические волноводы. (О [2], гл.1, § 1,1; О [3], гл.1, §§1,2)

МОДУЛЬ 9. СОГЛАСОВАНИЕ СРЕД И В ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ

Раздел 9. 1. Согласование и его необходимость

Тема 9.1.1. Понятие согласования, причины согласования. Согласование сред, просветляющие покрытия

Низкочастотное согласование. Условия согласования и преимущества согласованной СВЧ линии. Узкополосное и широкополосное согласования. (О [1], гл.8, §8.9)Согласование сред, коэффициент прохождения через периодические диэлектрические структуры. Просветляющие покрытия. (О [1], гл.6, §6.7)

Раздел 9. 2. Согласование линий передач и его способы

Тема 9.2.1. Телеграфные уравнения, входное сопротивление линии передачи

Регулярная линия передачи. Телеграфные уравнения. Характеристическое сопротивление линии без потерь, коэффициент отражения. Входное сопротивление линии, нагруженной на комплексную нагрузку. Ее характер при некоторых частных случаях нагрузки.

(О [2], гл.1, §1.2, О [4], гл.6, §§43 - 45)

Линия, нагруженная на характеристическое сопротивление. Режим бегущей волны. Случай произвольной нагрузки, не равной характеристическому сопротивлению. Режим смешанных волн. Трансформирующие свойства четвертьволновой линии, нагруженной на активное сопротивление.

(О [2], гл.1, §1.2, О [4], гл.6, §§45 - 48)

Тема 9.2.2. Коэффициент стоячей волны. Способы согласования.

Коэффициент стоячей волны по напряжению. Графики напряжения и входного сопротивления в зависимости от длины линии передачи и некоторых частных случаев нагрузок линии. Узкополосное согласование – согласование четвертьволновым трансформатором, последовательным и параллельным шлейфами. Широкополосное согласование – согласование частотным компенсатором, ступенчатыми и плавными

трансформаторами. Примеры согласующих устройств в линиях передачи СВЧ – в волноводных, коаксильных и микрополосковых.

(О [1], гл.13, §13.5, гл.14, §§14.4 - 14.6 ; О [2], гл.2, §§2.1 - 2.4)

МОДУЛЬ 10. ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННО – ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ПРИЁМА СИГНАЛОВ

Раздел 10.1. Назначение и классификация антенн. Поля излучения антенн.

Тема 10.1.1. Назначение антенн. Антенны с линейными токами, апертурные антенны, антенны поверхностных волн, антенные решетки. Реактивное, ближнее поля антенн, зона Френеля и зона Фраунгофера – дальнее поле

Антенна как устройство пространственно-избирательной передачи или приёма СВЧ сигналов. Виды СВЧ антенн и их классификация по типу излучающих элементов. Антенны с линейными токами, антенны поверхностных волн и апертурные антенны.

(О [5], Введение, В1 – В3, О [6], Введение, §1)

Реактивная, ближняя и дальняя зоны поля излучения антенны. Характер распределения поля в этих зонах.

(О [5], гл.1, §§1.1 - 1.2)

Раздел 10.2. Основные параметры антенн

Тема 10.2.1. Диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, коэффициент усиления, коэффициент полезного действия, эффективная площадь

Диаграмма направленности, её представление в различных системах координат. Определение коэффициента направленного действия антенны. (О [5], гл.1, §§1.3, О [6], Введение, §2). Коэффициент полезного действия. Коэффициент усиления. Эффективная площадь. Соотношения между основными параметрами. (О [5], гл.1, §§1.3, О [6], Введение, §2)

МОДУЛЬ 11. ГЕНЕРИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ И ГЕНЕРАТОРНЫЕ ПРИБОРЫ

Раздел 11.1. Автоколебания. Принципы генерирования

Тема 11.1.1. Автоколебания. Структура генератора

Автоколебания. Скелетная схема резонансной автоколебательной системы. Динамическая устойчивость. Нелинейные системы с мягким и жёстким самовозбуждением. Условие самовозбуждения генератора. (О [4], гл.9, §§79 - 82)

Тема 11.1.2. Положительная обратная связь. Понятие отрицательного сопротивления

Комплексная и положительная обратные связи. Вносимое отрицательное сопротивление. Векторные диаграммы при разных случаях обратной связи. Представление колебательной системы с отрицательным сопротивлением.

(О [4], гл.9, §§79 - 82)

Раздел 11.2. Электровакуумные и твердотельные приборы

Тема 11.2.1. СВЧ триод, клистроны, лампы бегущей и обратной волны, магнетроны. Их параметры

Вакуумный СВЧ триод – пример резонансной системы со статическим упрвлением электронного потока. Клистроны – СВЧ приборы с динамическим управлением электронного потока. Скоростная модуляция и модуляция электронного потока по плотности. Лампа бегущей волны - пример нерезонансной системы с динамическим управлением электронного потока. Лампа обратной волны, магнетроны. Принципы их действия, конструкции, предельные характеристики.

(О [7], гл.4, §§4.1 - 4.5, гл.5, §§5.1 - 5.7, гл.6, §6.1, §6.6, гл.7, §7.1, §7.2)

Тема 11.2.2. Биполярные и полевые транзисторы. Лавинно-пролетный, тунельный и ганновский диоды

Генераторы и усилители на биополярных и полевых транзисторах, на туннельных, лавино-пролётных диодах и диодах Ганна. Принцип действия, конструкции, предельные характеристики.

(О [8], гл.7, §§7.2 - 7.6, О [9], гл.4 - 7)

МОДУЛЬ 12. СИСТЕМЫ СВЯЗИ И РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Раздел 12.1. Системы связи. Уравнение связи

Тема 12.1.1. Наземные и космические системы связи. Уравнение связи

Наземные и космические системы вещания и связи. Радиорелейные системы связи. Уравнение связи (О[3], Введение, О[10], гл.5, §5.1)

Раздел 12.2. Радиолокационные системы. Уравнение радиолокации

Тема 12.2.1. Назначение радиолокационных систем. Эффективная площадь рассеяния цели. Уравнение радиолокации

Радиолокация, ее назначение. Виды радиолокации (О[10], Эффективная площадь рассеяния цели. Уравнение радиолокации (О[10], Введение, гл 3, §3.1, гл.5, §5.1).

Тема 12.2.2. Принципы измерения скорости, дальности и угловых координат. Сверхширокополосные сигналы

Эффект Допплера для измерения скорости цели. Импульсный метод измерения ее дальности. Метод определения угловых координат цели. Разрешающая способность и точность определения параметров цели. Преимущество применения сверхширокополосных сигналов. (О[10], гл 1, 2, 7).

Раздел 12.3. Виды радиолокационных станций.

Тема 12.3.1. Радиолокационные станции непрерывного действия, импульсные и моноимпульсные радиолокационные станции

Допплеровские радиолокационные станции непрерывного действия. Импульсные и моноимпульсные радиолокационные станции (О[10], гл 1, 2, 8).

2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

Занятия включают практические занятия и решение задач по 6-и следующим модулям учебной дисциплины,

1. Волновые явления на границе раздела двух сред. Скин-эффект
2. Направляющие системы
3. Согласование сред и в линиях передачи сигналов
4. Основы пространство-избирательного излучения и приема сигналов
5. Генерирование колебаний и генераторные приборы
6. Системы связи и радиолокационные системы

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

(Кратко представить перечень материально-технического оснащения, информационно-технических средств).

- Учебные методические пособия
- Вычислительная техника
- Проектор
- Слайдоскоп

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
Вид учебной работы/контроля	**М1**[1]	**М2**	**М1**	**М2**	**М1**	**М2**		
Контрольная работа *(при наличии)*				1				
Устный опрос *(при наличии)*								
Тест *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*								
Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Реферат *(при наличии)*								
Решение задач		1						
Проект *(при наличии)*								
Другие формы (при наличии)								
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей						0,4		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей						0,6		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							-	

[1] Учебный Модуль

Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							1	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								1 Зачет
	$\sum = 1$	$\sum = 1$	$\sum = 1$	$\sum = 1$	$\sum = 1$	$\sum = 1$	$\sum = 1$	$\sum = 1$

3. **Теоретический блок** ***(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)***

Базовые учебники

1. В.И. Вольман, Ю.В. Пименов. Техническая электродинамика.-М: Изд. Связь, 1971.
2. В.В. Никольский, Т.И. Никольская. Электродинамика и распространение радиоволн. – М: Наука, 1989.
3. В.Б. Гильденбург, М.А. Миллер. Сборник задач по электродинамике.-М: Физматлит, 2001.
4. Ю.В.Пименов, В.И.Вольман, А.Д. Муравцов. Техническая электродинамика / Под ред. Ю.В. Пименова. М.: Радио и связь, 2000.

б) Основная литература:

1. Н.А. Семёнов. Техническая электродинамика.-М: Изд. Связь, 1983.
2. В.М. Максимов. Линии передачи СВЧ диапазона. - МО РФ, УМО по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации. Выпуск 2, САЙНС - ПРЕСС, 2002.
3. Т.Н. Нарытник, В.П. Бабак, М.Е. Ильченко, С.А. Кравчук. Микроволновые технологии в телекоммуникационных системах. – Киев: Изд. Техника, 2000.
4. А.А. Харкевич. Основы радиотехники. – М: Изд. Сов. Радио, 1962.
5. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. Под ред. Г.А. Ерохина. - М: Изд. Радио и связь, 1996.

6. А.Л. Драбкин, В.Л. Зузенко, Ф.Г. Кислов. Антенно-фидерные устройства. – М: Изд. Сов. Радио, 1974.

7. И.В. Лебедев. Техника и приборы СВЧ. - М: Изд.ВШ. Т.2 - 1972

8. Л.Г. Гассанов, А.А. Липатов, В.В. Марков, Н.А. Могильченко. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи- М: Изд. Радио и связь, 1988.

9. М.С. Гусятинер, А.И. Горбачев. Полупроводниковые сверхвысокочастотные диоды. – М: Изд. Радио и связь, 1983.

10. М.И. Финкельштейн. Основы радиолокации. – М: Изд. Сов. Радио, 1973.

11.В.В. Никольский. Электродинамика и распространение радиоволн. – М: Наука, 1973.

12. М.П. Долуханов. Распространение радиоволн. М. Связь. 1992.

в) Дополнительная литература:

1. Э. Парселл. Электричество и магнетизм. – М: Наука, 1971.

2. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. Под ред. Г.А. Ерохина. - М: Изд. Радио и связь, 1996.

3. В.С. Филиппов. Введение в классическую электродинамику. - МО РФ, УМО по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации. Выпуск 6, САЙНС - ПРЕСС, 2002.

г) Другие источники:

1. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. Под ред. А.С. Немировского. – М: Изд. Радио и связь, 1986.

2. Л.Я. Канькра. Спутниковая связь и вещание. - М: Радио и связь, 1997.

3. http://rf.mephi.ru

4. http://lord-n.narod.ru

5. http://rf.coltel.ru/arsenal/courses/05.htm

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебник(и);

3.1.2. Учебное(ые) пособие(я);

3.1.3. Курс лекций;

3.1.4. Краткие конспекты лекций;

3.1.5. Электронные материалы (электронные учебники, учебные пособия, курсы и краткие конспекты лекций, презентации PPT и т.п.);

3.1.6. Глоссарий/терминологический словарь;

3.1.7. др. варианты материалов, необходимых для освоения учебной программы дисциплины.

4. Фонды оценочных средств *(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).*

Перечень экзаменационных вопросов

1 . Напряжённость электрического поля. Поляризация. Диполь и дипольный момент. Действие поля на диполи. Вектор поляризованности. Относительная диэлектрическая проницаемость среды. Вектор электрического смещения.

2. Сила Лоренца. Вектор магнитной индукции. Сила, действующая на проводник с током. Момент сил, действующий на рамку с током. Явление намагничивания. Диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные среды. Вектор намагниченности. Относительная магнитная проницаемость. Вектор напряжённости магнитного поля.

3. Закон Ампера для постоянного тока. Обобщение Максвелла и ток смещения. Интегральная и дифференциальная формы обобщённого закона Ампера.

4. Закон Фарадея. Обобщение закона Фарадея. Разные математические формы обобщённого закона Фарадея.

5. Закон Гаусса. Обобщение Максвелла. Разные математические формы обобщённого закона Гаусса и гипотеза отсутствия магнитных зарядов.

6. Уравнение непрерывности. Закон сохранения заряда. Закон Ома в дифференциальной форме.

7. Классификация сред на проводники и диэлектрики. Время релаксации проводящей среды.

8. Материальные уравнения. Полная система уравнений электродинамики. Принцип суперпозиции.

9. Граничные условия для нормальных и касательных составляющих электрического поля. Поверхностные заряды.

10. Граничные условия для нормальных и касательных составляющих магнитного поля.

11. Граничные условия для случая переменных полей вблизи поверхности идеального провјдника. Физическая сущность граничных условий.

12. Баланс энергии электромагнитного поля. Вектор и теорема Пойтинга. Плотность энергии, скорость её распространения.

13. Метод комплексных амплитуд. Уравнение Максвелла для монохроматического поля.

14. Угол диэлектрических потерь, комплексная диэлектрическая проницаемость.

15. Комплексный вектор Пойтинга, комплексная мощность.

16. Условия единственности решения внутренней и внешней задач электродинамии.

17. Преобразование уравнений Максвелла для однородной линейной изотропной среды. Неоднородное и однородное уравнения Даламбера. Однородное уравнение Гельмгольца.

18. Цель введения электродинамических потенциалов. Условие калибровки для потенциалов и упрощённые уравнения Даламбера.

20. Сферические волны. Случай монохроматического поля и уравнения для векторного потенциала. Решения при разных сторонних источниках.

21. Понятие фазового фронта. Сферические, цилиндрические и плоские волны. Однородная плоская волна. Фазовая скорость волны. Длина волны.

22. Основные свойства плоской волны. Коэффициент затухания, коэффициент фазы, дисперсия волны.

23. Волны в диэлектриках. Дисперсионные свойства диэлектриков.

24. Волны в проводниках. Дисперсионные свойства проводников. Скин-слой.

25. Линейная поляризация. Круговая поляризация. Эллиптическая поляризация. Представление круговой и эллиптической поляризации через линейную и наоборот. Изменение поляризации волны по мере ее распространения в среде.

26. Явление анизотропии. Тензоры магнитной и диэлектрической проницаемости. Анизотропные естественные и искусственные магнетики и диэлектрики. Ферриты и сегнетоэлектрики.

27. Уравнения Максвелла в тензорном виде. Условие плоской однородной волны. Общие сведения о следствиях гиротропности сред.

28. Критерий плоскостности границы раздела. Угол падения, отражения и преломления. Плоскость падения. Законы Снеллиуса.

29. Формулы Френеля для случая падения плоской волны нормальной поляризации на границу раздела сред.

30. Формулы Френеля для случая падения плоской волны параллельной поляризации на границу раздела сред.

31. Условие полного прохождения волны во вторую среду. Угол Брюстера. Полное отражение от границы раздела двух диэлектрических сред. Поверхностная волна.

32. Полное отражение в случае падения волны из диэлектрика на идеальный проводник. Направляемая волна.

33. Случай падения волны из диэлектрика на поглощающую среду. Понятие оптически плотной среды. Условие Леонтовича при случае падения волны на оптически намного плотную среду.

34. Явление скин-эффекта в зависимости от частоты поля. Польза и вред от скин-эффекта.

35. Условие согласование сред. Согласование периодических диэлектрических структур. Просветляющий четвертьволновой слой.

36. Направляющие системы. Концепция парциальных волн (концепция Бриллюэна) для полого металлического прямоугольного волновода. Докритический и закритический режимы работы волновода.

37. Фазовая скорость и длина волны в прямоугольном волноводе. Соотношение между фазовой и энергетической скоростями волны в волноводе. Дисперсия волн.

38. Однопроводная, двухпроводная, четырехпроводная и коаксиальная линии передачи ТЕМ волн. Сравнение этих линий передачи и их недостатки при работе на СВЧ.

39. Структура волны H_{10} полого металлического волновода прямоугольного сечения.

40. Структура волны H_{11} полого металлического волновода круглого сечения.

41. Металлические полые волноводы Н- и П-образных сечений, металлические полые волноводы эллиптического сечения.

42. Сверхразмерные полые металлические и металло–диэлектрические волноводы. Зеркально–линзовые линии передачи. Диэлектрические волноводы. Полосковые и микрополосковые линии передачи.

43. Регулярная линия передачи. Телеграфные уравнения. Характеристическое сопротивление линии без потерь, коэффициент отражения.

44. Входное сопротивление линии, нагруженной на комплексную нагрузку. Характер входного сопротивления линии при частных случаях нагрузки.

45. Режимы бегущей и стоячей волн. Резонансы в линии передачи. Коэффициент стоячей волны по напряжению – КСВН.

46. Параметры входного комплексного сопротивления линии в местах максимума и минимума напряжения в линии.

47. Условия низкочастотного и СВЧ согласования. Роль согласования. Узкополосное и широкополосное согласование.

48. Согласование с помощью четвертьволнового трансформатора.

49. Согласование с помощью последовательного и параллельного шлейфов.

50. Согласование с помощью ступенчатых трансформаторов и плавных переходов.

51. Волноводные, коаксиальные, микрополосковые четвертьволновые трансформаторы.

52. Волноводные, коаксиальные, микрополосковые последовательные и параллельные шлейфы.

53. Волноводные согласующие штыри и диафрагмы.

54. Волноводные, коаксиальные, микрополосковые ступенчатые трансформаторы и плавные переходы.

55.Антенны СВЧ с линейными токами, антенны поверхностных волн и апертурные антенны.

56. Реактивная, ближняя и дальняя зоны поля излучения антенны. Характер распределения поля в этих зонах.

57. Диаграмма направленности антенны, её представление в различных системах координат. Коэффициента направленного действия антенны.

57. Коэффициент полезного действия антенны. Коэффициент усиления. Эффективная площадь. Соотношения между основными параметрами антенны.

58. Скелетная схема автоколебательной резонансной системы. Динамическая устойчивость. Нелинейные системы с мягким и жёстким самовозбуждением.

59. Условие самовозбуждения генератора. Вносимое отрицательное сопротивление. Представление колебательной резонансной системы с отрицательным сопротивлением.

60. Комплексная обратная связь. Векторные диаграммы при разных случаях обратной связи.

61. Статическое и динамическое упрвления электронным потоком.

62. Вакуумные СВЧ триоды - предельные параметры по частоте и мощности генерации.

63. Пролетный и отражательный клистроны - предельные параметры по частоте и мощности генерации.

64. Лампа бегущей волны - предельные параметры по частоте и мощности генерации.

65. Лампа обратной волны - предельные параметры по частоте и мощности генерации.

66. Магнетрон - предельные параметры по частоте и мощности генерации.

67. Генераторы на биполярных и полевых транзисторах – предельные параметры по частоте и мощности генерации.

68. Генераторы на туннельных диодах - предельные параметры по частоте и мощности генерации.

69. Генераторы на лавинно-пролетных диодах - предельные параметры по частоте и мощности генерации

70. Генераторы на диодах Ганна - предельные параметры по частоте и мощности генерации.

71. Радиолокация, ее назначение. Виды радиолокации

72. Эффективная площадь рассеяния цели. Уравнение радиолокации

73. Эффект Допплера для измерения скорости цели.

74. Импульсный метод измерения дальности цели.

75. Метод определения угловых координат цели.

76. Разрешающая способность и точность определения параметров цели.

77. Преимущество применения сверхширокополосных сигналов

78. Допплеровские радиолокационные станции непрерывного действия.

79. Моноимпульсные радиолокационные станции

5.Методический блок

4.1. Методика преподавания

Предварительное изучение теоретического материала по теме предстоящего семинара.
Предварительное изучение теоретического материала по предстоящей лабораторной работе.
Решение задач по соответствующему текущему разделу изучаемой дисциплины.
Оформление домашних заданий в виде кратких конспектов по теории каждого пройденного раздела изучаемой дисциплины.