МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ **П. Е. Троян**
«18» 08 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Уровень основной образовательной программы бакалавриат
Направление подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
Профили: Проектирование и технология радиоэлектронных средств
Технология электронных средств
Форма обучения очная
Факультет **РКФ** (Радиоконструкторский факультет)
Кафедра **КИПР** **Конструирования и производства радиоаппаратуры**
Курс **4** **Семестр 7**

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 года и последующих лет

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции							18		18	часов
2.	Лабораторные работы							8		8	часов
3.	Практические занятия							36		36	часов
4.	Курсовой проект/работа (КСР)							-		-	часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)							62		62	часов
6.	Из них в интерактивной форме							20		20	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)							82		82	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)							144		144	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена							36		36	часов
10	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)							180		180	часов
	(в зачетных единицах)							5		5	ЗЕТ

Зачет - не предусмотрен. Диф. зачет - не предусмотрен. Экзамен 7 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 7318

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 4/2016 от « 1 » 6 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения по направлению подготовки (специальности) **11.03.03**

"Конструирование и технология электронных средств",

утвержденного ___27.10.2010 рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «_1__» ___июня_____ 2016__ г., протокол № _4_ /2016_____.

Разработчик профессор кафедры КИПР Шостак А.С.

Зав. кафедрой КИПР Озеркин Д.В

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РКФ Озеркин Д.В.

Зав. профилирующей кафедрой Озеркин Д.В

Зав. выпускающей кафедрой КИПР Озеркин Д.В

Зав. вып. каф. РЭТЭМ Гуев В.И.

Эксперты:

Кафедра КИПР, доцент Шипуля М.А.

Кафедра КИПР, профессор Масалов Е.В.

Согласована на портале № 7318

1. Цели и задачи дисциплины.

Цели дисциплины - освоение студентами основных разделов теории электромагнитного поля, линий передач СВЧ и физически обоснованное использование теории электромагнитного поля при проектировании СВЧ устройств электронных средств.

Задачи дисциплины:

- формирование фундаментальных представлений об основах теории электромагнитного поля и электромагнитных волн;
- освоение типовых методик анализа и расчета линий передач СВЧ;
- овладение приемами исследования структуры электромагнитного поля в конструкциях электронных средств.

2. Место дисциплины в структуре ООП.

Обязательная дисциплина профессионального цикла **(Б1.В. ДВ. 6.1)**. Базируется на предварительно изученных дисциплинах «Математика» (разделы: Дифференциальное исчисление функций многих переменных, Линейные векторные пространства) **(Б1. Б. 14);** «Физика» (разделы: Уравнения Максвелла, Электромагнитное поле) **(Б1. Б. 13);**.

Дисциплина «Техническая электродинамика» совместно с дисциплиной «САПР и технология СВЧ устройств» **(Б1.В. ДВ. 7.2)** составляет модуль подготовки бакалавра-инженера в области исследования и проектирования СВЧ устройств электронных средств. Полученные знания используются при выполнении выпускной квалификационной работы по соответствующей тематике.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующей компетенции:

1.Способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационные технологии в своей профессиональной деятельности **(ОПК-7).**

Содержание дисциплины. Основные разделы:

Основные уравнения электромагнитного поля. Энергия электромагнитного поля. Электромагнитные волны в неограниченных средах. Направляемые электромагнитные волны. Преломление и отражение электромагнитных волн на границе раздела двух сред. Основы теории цепей с распределенными параметрами. Полые волноводы. Коаксиальные, однопроводные и диэлектрические линии передачи. Полосковые линии передачи. Резонаторы.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: основы теории электромагнитного поля, основные характеристики направляемых электромагнитных волн, основы теории электрических СВЧ цепей и линий передачи с *учетом современных тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техник* ;

уметь осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования линий передачи СВЧ, выполнять расчет и проектирование линий передачи для электронных средств СВЧ в соответствии с техническим заданием *на основе средств вычислительной техники и информационных технологий*;

владеть: навыками работы по исследованию структуры электромагнитного поля, проведению расчетов основных характеристик линий передачи и трактов СВЧ *с*

Согласована на портале № 7318

использованием средств современной вычислительной техники и информационных технологий.

Объем дисциплины и виды учебной работ

Общая трудоемкость дисциплины составляет _____5_____ зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
			7		
Аудиторные занятия (всего)	88				
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	18		18		
Лабораторные работы (ЛР)	8		8		
Практические занятия (ПЗ)	36		36		
Семинары (С)	-		-		
Коллоквиумы (К)	-		-		
Курсовой проект/(работа) (аудиторная нагрузка)	-		-		
Другие виды аудиторной работы	-		-		
Самостоятельная работа (всего)	56		56		
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа)	-		-		
Расчетно-графические работы	-		-		
Реферат	-		-		
Другие виды самостоятельной работы					
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	36		36		
Общая трудоемкость час	180		180		
Зачетные Единицы Трудоемкости	5		5		

1. **Содержание дисциплины**

а. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час., СРС, час	Лаб. раты, час., СРС, час	Практические занятия, час., СРС, час	СРС, час.	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции (ПК)
1.	**Введение**	1 2		- -	2	3	**ОПК-7**
2.	**Электромагнитное поле. Основные положения теории электромагнетизма. Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.**	2 4	2 5	6 3	12	22	**ОПК-7**
3.	**Плоские электромагнитные волны. Монохроматические поля. Граница раздела сред.**	2 6	- -	6 3	- 9	17	**ОПК-7**

Согласована на портале № 7318

	Граничные условия для электромагнитного поля.						
4.	**Электромагнитные волны в средах с частотной дисперсией. Распространение электромагнитных волн в анизотропной (гиротропной) среде.**	3 8	2 5	6 3	16	27	**ОПК-7**
5.	**Падение плоских электромагнитных волн на границу раздела двух сред.**	2 8	- -	6 3	11	19	**ОПК-7**
6.	**Основы теории направляемых электромагнитных волн линии передачи. Прямоугольный металлический волновод. Цилиндрические волны. Круглый металлический волновод. Волноводы с волнами типа Т. Затухание волн в полых металлических волноводах**	4 8	2 5	6 3	16	28	**ОПК-7**
7.	**Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы. Согласование нагрузки с линией передачи. Узлы и детали СВЧ тракта. Устройства СВЧ с намагниченными ферритом.**	4 8	2 5	6 3	16	28	**ОПК-7**
	Всего **Всего (СРС без экзамена)**	18 44	8 20	36 18	62 82	144	

Согласована на портале № 7318

b. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ПК)
1.	**Введение**	Место электромагнетизма в современной физической картине мира. Особенности диапазона СВЧ. Техника СВЧ и ее применение.	1	**ОПК-7**
		Элементы векторной алгебры и векторного анализа.	СРС - 2	
2.	**Электромагнитное поле. Основные положения теории электромагнетизма. Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.**	Электромагнитное поле и его математические модели. Плотность тока проводимости. Дифференциальная форма закона Ома. Закон сохранения заряда. Закон Гаусса. Закон неразрывности магнитных силовых линий. Закон полного тока. Ток смещения. Закон электромагнитной индукции. Материальные уравнения электромагнитного поля. Поляризационные и сторонние токи. Сводка уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Монохроматические поля. Комплексные амплитуды полей. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических потерь.	4	**ОПК-7**
		Энергетические соотношения в электромагнитном поле. Вектор Пойтинга. Магнитный ток. Принцип перестановочной двойственности. Лемма Лоренца.	СРС - 4	
3.	**Плоские электромагнитные волны. Монохромат**	Понятие волнового процесса. Продольные и поперечные волны. Плоские волны и их характеристики. Затухание волн в материальных средах. Коэффициент	2	**ОПК-7**

Согласована на портале № 7318

	ические поля. Граница раздела сред. Граничные условия для электромагнитного поля..	распространения. Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца. Понятие характеристического сопротивления. Плотность потока мощности в плоской электромагнитной волне. Некоторые частные случаи. Плоские волны с эллиптической поляризацией. Граничные условия для нормальных составляющих векторов магнитного поля.		
		Граничные условия для нормальных составляющих векторов электромагнитного поля. Граничные условия для касательных составляющих векторов магнитного поля. Граничные условия для касательных составляющих векторов электрического поля.	СРС - 6	
4.	**Плоские электромагнитные волны. Монохроматические поля. Граница раздела сред. Граничные условия для электромагнитного поля.**	Волны в проводящей среде. Плазма и ее электродинамические параметры. Распространение электромагнитных волн в бесстолкновительной плазме. Учет влияния столкновений в плазме. Распространение импульсов в средах с частотной фазовой скорости. Понятие групповой скорости. Электромагнитные волны в сверхпроводниках. Физический механизм анизотропии ферритов. Уравнение движения намагниченности. Тензор магнитной проницаемости намагниченного феррита. Уравнение Максвелла в гиротропной среде.	3	**ОПК-7**
		Поперечное распространение электромагнитных волн в намагниченном феррите. Продольное распространение электромагнитных волн в намагниченном феррите.	СРС- 8	
5.	**Падение плоских электромагнитных волн на границу**	Нормальное падение плоской электромагнитной волны на идеально проводящую плоскость. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое	2	**ОПК-7**

Согласована на портале № 7318

	раздела двух сред .	полупространство. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрический слой конечной толщины. К вопросу о создании неотражающих сред. Падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом		
		Угол Брюстера. Неоднородные плоские волны. Приближенные граничные условия Леонтовича.	СРС - 8	
6.	**Основы теории направляемых электромагнитных волн линии передачи. Прямоугольный металлический волновод. Цилиндрические волны. Круглый металлический волновод. Волноводы с волнами типа Т. Затухание волн в полых металлических волноводах**	Падение плоской волны с параллельной поляризацией на идеально проводящую плоскость. Падение плоской волны с перпендикулярной поляризацией на идеально проводящую плоскость. Структура электромагнитного поля Е- и Н - волн. Характеристики электромагнитного поля Е- и Н- волн. Связь между продольными и поперечными составляющими векторов поля направляемых волн. Постановка задачи. Волны типа Е в прямоугольном волноводе. Критическая длина волны. Дисперсионная характеристика волновода. Волны типа Н в прямоугольном волноводе. Характеристическое сопротивление волновода. Основы применения прямоугольных волноводов. Постановка задачи. Волны типа Е в круглом волноводе. Волны типа Н в круглом волноводе. Основы применения круглых волноводов. Некоторые общие свойства волн типа Т. Коаксиальный волновод. Применение коаксиальных волноводов в технике. Полосковые волноводы. Отрезок волновода с Т - волной как четырехполюсник.	4	**ОПК-7**

Согласована на портале № 7318

		Источники потерь в волноводах. Коэффициент затухания волн в волноводе. Общее выражение для коэффициента затухания. Анализ некоторых частных случаев.	СРС - 8	
7.	**Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы. Согласование нагрузки с линией передачи. Узлы и детали СВЧ тракта. Устройства СВЧ с намагниченными ферритом.**	Эволюция электромагнитных колебательных систем при повышении рабочей частоты. Прямоугольный объемный резонатор. Общая задача о собственных колебаниях в прямоугольном объемном резонаторе. Классификация типов колебаний. Круглый объемный резонатор. Некоторые способы возбуждения и включения объемных резонаторов. Добротность объемных резонаторов. Некоторые другие типы объемных резонаторов. Принцип согласования нагрузки с линией передачи. Узкополосное согласование. Широкополосное согласование активных сопротивлений. Частотные фильтры СВЧ. Волноводные конструктивные элементы. Поглощающие оконечные нагрузки. Двухплечные узлы. Аттенюаторы. Фазовращатели. Фильтры для подавления типов волн. Поляризаторы. Переходы с одного волновода на другой. Трехплечные узлы. Т- образные соединения прямоугольных волноводов. Поляризационный фильтр. Мосты и направленные ответвите ли. Виды невзаимных устройств СВЧ с намагниченным ферритом.	4	**ОПК-7**
		Невзаимные устройства. Применение невзаимных ферритовых устройств. Устройства на поверхностных акустических волнах. Функциональные устройства на магнито-статистических волнах.	СРС - 8	
		ИТОГО	**18**	
		ИТОГО (без экзамена)	**СРС - 44**	

Согласована на портале № 7318

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин								
		1	2	3	4	5	6	7	8	…
Предшествующие дисциплины										
1.	**Математика Б1. Б. 14**		+	+	+	+				
2	**Физика Б1. Б. 13**		+	+	+	+				
Последующие дисциплины										
1.	**Радиотехнические системы Б1.Б.ДВ.7.1**						+	+		
2	**САПР и технология СВЧ устройств Б1.Б.ДВ. 7.2**						+	+		

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Формы контроля по всем видам занятий				
	Л	Лаб	Пр.	СРС	
ОПК-7	+	+	+		Опрос на лекции, отчет по лаб.работе, отчет по практической работе
ОПК-7		+	+		Отчет по практ.раб., конспект самоподготовки
ОПК-7	+	+	+	+	Тест на лекции, устный ответ на практическом занятии, проверка домашнего задания

Л – лекция, Пр – практические и семинарские занятия, Лаб – лабораторные работы, КР/КП – курсовая работа/проект, СРС – самостоятельная работа студента

2. **Методы и формы организации обучения**

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы / **Формы**	**Лекции (час)**	**Практические/ семинарские занятия (час)**	**Лабораторные занятия (час)**	**Всего**

Согласована на портале № 7318

Работа в малых группах, работа в команде		4	3	7
Тестовые опросы на лекциях, на практических и лабораторных занятиях	2	2	3	7
Мозговая атака, мозговой штурм	2	2	2	6
Итого интерактивных занятий	**4**	**8**	**8**	**20**

3. **Лабораторный практикум [12.3.1]**

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)	Компе-тенции ОК, ПК, ПСК
1.	**2**	Исследование двухполюсников на СВЧ. Измерение входного сопротивления с помощью измерительной линии. Определение комплексного сопротивления нагрузки по распределению поля в линии.	**2**	**ОПК-7**
2.	**4**	Измерение параметров четырехполюсников на СВЧ. Параметры четырехполюсников. Метод отношения мощностей. Ослабление аттенюаторов. Метод замещения.	**2**	**ОПК-7**
3.	**6**	Исследование параметров СВЧ резонаторов. Резонаторы СВЧ и их параметры. Измерение добротности по декременту затухания. Резонатор, включенный как оконечная нагрузка. Метод передачи. Автоматический метод измерения параметров резонатора.	**2**	**ОПК-7**
4.	**7**	Исследование параметров ферритовых вентилей. Параметры ферритовых вентилей. Вентили на эффекте ферромагнитного резонанса. Вентили на эффекте смещения поля. Измерение характеристик.	**2**	**ОПК-7**

4. **Практические занятия (семинары) [12.3.2]**

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ОПК-7
1.	2	**Основы теории электричества**	6	**ОПК-7**
2.	3	**Уравнения Максвелла**	6	**ОПК-7**

Согласована на портале № 7318

3.	4	**Статические и электромагнитные поля**	6	**ОПК-7**
4.	5	**Отражение и преломление плоских электромагнитных волн**	6	**ОПК-7**
5,	6	**Волноводы**	6	**ОПК-7**
6,	7	**Резонаторы**	6	**ОПК-7**

5.**Самостоятельная работа**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час.	Лаб. работы, час.	Практические занятия, час,	Трудоемкость, час.	Компе-тенция **ОПК-7**	Контроль выполнения работы (Опрос, тест, дом.задание, и т.д)
1.	1. Введение.	2	-	-	2	**ОПК-7**	Опрос на лекции
2.	2. Электромагнитное поле. Основные положения теории электромагнетизма. Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.	4	5	3	12	**ОПК-7**	Опрос на лекции, отчет по лаб.работе, отчет по практической работе
3.	3. Плоские электромагнитные волны. Монохроматические поля. Граница раздела сред. Граничные условия для электромагнитного поля.	4	-	3	6	**ОПК-7**	Опрос на лекции, отчет по лаб.работе
4.	4. Электромагнитные волны в средах с частотной дисперсией. Распространение электромагнитных волн в анизотропной (гиротропной) среде.	8	5	3	16	**ОПК-7**	Опрос на лекции, отчет по лаб. работе, отчет по практической работе
5.	5 Падение плоских электромагнитных волн на границу раздела двух сред.	8	-	3	11	**ОПК-7**	Опрос на лекции, отчет по практическ

Согласована на портале № 7318

							ой работе
6.	6. Основы теории направляемых электромагнитных волн линии передачи. Прямоугольный металлический волновод. Цилиндрические волны. Круглый металлический волновод. Волноводы с волнами типа Т. Затухание волн в полых металлических волноводах	8	5	3	16	**ОПК-7**	Опрос на лекции, отчет по лаб. работе, отчет по практическ ой работе
7.	7. Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы. Согласование нагрузки с линией передачи. Узлы и детали СВЧ тракта. Устройства СВЧ с намагниченными ферритом.	8	5	3	16	**ОПК-7**	Опрос на лекции, отчет по лаб. работе, отчет по практическ ой работе
Всего		44	20	18	82		
Подготовка и сдача экзамена					36	**ОПК-7**	Оценка на экзамене

6.**Примерная тематика курсовых проектов.**

Курсовой проект не предусмотрен.

7.**Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов**

Таблица 11.1 Балльные оценки для элементов контроля в седьмом семестре, заканчивающимся экзаменом.

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	3	3	3	**9**
Тестовый контроль	4	4	4	**12**
Контрольные работы на	6	7	9	**22**

Согласована на портале № 7318

практических занятиях				
Лабораторные работы	5	5	5	**15**
Компонент своевременности	4	4	4	**12**
Итого максимум за период:	**22**	**23**	**25**	**70**
Сдача экзамена (максимум)				**30**
Нарастающим итогом	**22**	**45**	**70**	**100**

Таблица 11.2 Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	**Оценка**
≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	**Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен**	**Оценка (ECTS)**
5 (отлично) (зачтено)	**90 - 100**	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	**85 – 89**	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	**65 – 69**	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	**Ниже 60 баллов**	F (неудовлетворительно)

12 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

12.1 Основная литература

1. Фальковский О.И. Техническая электродинамика. Курс лекций М.: Лань, 2009, 432 с. ЭБС «Лань». Доступно с IP-адресов ТУСУРа, http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=55&pl1_id=403
2. Основы электродинамики и распространение радиоволн. Часть 1. Электромагнитные поля и волны: Курс лекций/ Шостак А.С. – 2012. 143 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1223
3. Антенны и устройства СВЧ. Часть 1.Устройства СВЧ: Учебное пособие / Шостак А.С. – 2012. 124 с. Электронный ресурс

edu.tusur.ru/training/publications/1219

12.2 Дополнительная литература

1. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 558 с. Всего 100. СЧ 31 (1). АНЛ (8). СЧ 35 (1). АУЛ(85).
2. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика. - М.: Радио и связь. 2002. – 536 с. Всего 23. СЧ 31 (1). АНЛ (1). СЧ 35 (1). АУЛ(17).
3. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн. – М.: - Высшая школа, 1975 -279 с. Всего 3. СЧ 31 (1). АНЛ (2).

12.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Техническая электродинамика. Основы электродинамики и распространение радиоволн. Антенны и устройства СВЧ: Лабораторный практикум / Козлов В.Г.,

Согласована на портале № 7318

Корогодов В.С., Шостак А.С. – 2012. 137 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1319

2. Техническая электродинамика: Учебный практикум/ Шостак А.С., Козлов В.Г., Корогодов В.С. – 2012. 159 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1320
3. Техническая электродинамика: Методическое пособие по самостоятельной работе студентов / Шостак А.С..– 2012. 17 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1649

12.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы_

1. Пакеты прикладных программ Microsoft Office 7.0, MathCAD – 13.0, 14.0

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

панорамные измерители КСВН и ослабления типа Р-2 со сменными блоками № 3 (3,2 – 5,6 ГГц), № 4 (5.6 – 8,3 ГГц), №5 (8,15 - 12.05 ГГц);

генератор сигналов высокочастотный (4,5 – 5.6 ГГц);

измерительные линии – Р1-36, Р1 3;

направленные детекторы коаксиальные - (3,2 – 5, 6) ГГц, (4,0 – 12, 05) ГГц;

комплект рупорных антенн;

ферритовые вентили волноводные (5,5 – 8,3) ГГц, коаксиальные (2 – 4 ; 1,5 – 3) ГГц;

комплект волноводных и коаксиальных нагрузок;

аттенюаторы, переходы разъемы и др. пассивные устройства СВЧ.

8. **Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

13.1 В преподавании используются учебники [1-3] из списка основной литературы. Учебники содержат необходимый материал для самостоятельной работы.

13.2. Для ведения практических занятий используется сборник задач по курсу “Техническая электродинамика”, авторы Козлов В.Г., Корогодов В.С., Шостак А.С (12.3.1).

В сборнике задач приведены краткие теоретические сведения по темам, даются примеры решения задач, приведены задачи для самостоятельного решения. Сборник задач также содержит по каждой теме тесты для проверки знаний студентов.

Для ведения лабораторных работ используется “Лабораторный практикум”, авторы Козлов В.Г., Корогодов В.С., Шостак А.С. (12.3.2). Перед проведением лабораторной работы студенты должны получить зачет по теоретической части, затем приступить к выполнению самой работы. Необходимые материалы содержатся в указанном “Лабораторном практикуме”.

Самостоятельная работа студентов и контроль за ее выполнением регламентируется методическими указаниями “Методическое пособие по самостоятельной работе студентов” (13.3.3)/.

13.3 Преобразование суммы баллов в традиционную оценку происходит один раз в конце пятого семестра только после подведения итогов изучения дисциплины, т.е. после успешной сдачи экзамена.

13.4 По дисциплине предусмотрен экзамен в седьмом семестре, проведение которого является обязательным. При этом бальная оценка в соотношении 70/30 распределяется на две составляющие: семестровую и экзаменационную. 70 баллов можно получить за текущую работу в семестре, а 30 баллов – за ответы на экзамене.

13.5 Для стимулирования планомерности работы студента в семестре в раскладку баллов по элементам контроля введен компонент своевременности, который применяется только для студентов, без опозданий отчитывающихся по предусмотренным элементам контроля.

Согласована на портале № 7318

13.6 На протяжении всего семестра текущая успеваемость оценивается в баллах нарастающим итогом.

13.7 Независимо от набранной в семестре текущей суммы баллов обязательным условием перед сдачей экзамена и для получения зачета является выполнение студентом необходимых по рабочей программе видов занятий: выполнение и защита результатов лабораторных работ, выполнение контрольных работ, сдача тестов.

13.8 Экзаменационная составляющая балльной оценки входит в итоговую сумму баллов. Методика выставления баллов за ответы на экзамене – до 15 баллов за каждый из 2-х вопросов в билете.

13.9 Неудовлетворительной сдачей экзамена считается экзаменационная составляющая менее 10 баллов. При неудовлетворительной сдаче экзамена (<10 баллов) или неявке по неуважительной причине на экзамен экзаменационная составляющая приравнивается к нулю (0). В этом случае студент в установленном в ТУСУРе порядке обязан пересдать экзамен.

Согласована на портале № 7318

Приложение к рабочей программе

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. каф. КИПР
_____ Д.В.Озеркин
«6» ____07_____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Техническая электродинамика

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направление подготовки 11.03. 03 Конструирование и технология электронных средств
Профили: Проектирование и технология радиоэлектронных средств
Конструирование и технология наноэлектронных средств
Технология электронных средств
Форма обучения **очная**

Факультет **РКФ** (Радиоконструкторский факультет)
Кафедра **КИПР** **Конструирования и производства радиоаппаратуры**
Курс **4** **Семестр 7**

Учебный план набора 2013 года и последующих лет

Зачет - не предусмотрен. Диф. зачет - не предусмотрен. **Экзамен 7 семестр**

Томск
2016 г

Согласована на портале № 7318

1. Фонд оценочных средств.

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины “Техническая электродинамика” и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (КИМ) (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

2 .Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1

Таблица 1

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-7	Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационные технологии в своей профессиональной деятельности.	**Знать:** основы теории электромагнитного поля, основные характеристики направляемых электромагнитных волн, основы теории электрических СВЧ цепей и линий передачи с *учетом современных тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники.* **Уметь:** осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования линий передачи СВЧ, выполнять расчет и проектирование линий передачи для электронных средств СВЧ в соответствии с техническим заданием *на основе средств вычислительной техники и информационных технологий;* **Владеть:** навыками работы по исследованию структуры электромагнитного поля, проведению расчетов основных характеристик линий передачи и трактов СВЧ *с использованием средств современной вычислительной техники и информационных технологий..*

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов, содержание которых детализировано в таблице 2.

ОПК-7: Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационные технологии в своей профессиональной деятельности.

3. Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Согласована на портале № 7318

Таблица 2 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знает основы теории электромагнитного поля, основные характеристики направляемых электромагнитных волн, основы теории электрических цепей и линий передачи СВЧ, *Знает современные возможности техники СВЧ для развития электроники, измерительной и вычислительной техники.*	Умеет осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования линий передачи СВЧ, выполнять расчет и проектирование линий передачи СВЧ для СВЧ электроники в соответствии с техническим заданием *на основе средств вычислительной техники и информационных технологий*;	Владеет навыками работы по исследованию структуры электромагнитного поля, проведению расчетов основных характеристик линий передачи СВЧ *с использованием средств современной вычислительной техники и информационных технологий*.
Виды занятий	• Лекции; • Практические занятия • Самостоятельная работа студентов; • Групповые консультации	• Лабораторные работы; • Практические занятия; • Выполнение домашнего задания; • Самостоятельная работа студентов	• Лабораторные работы; • Выполнение домашнего задания; • Самостоятельная работа студентов
Используемые средства оценивания	• Тест; • Контрольная работа; • Выполнение домашнего задания; • Экзамен	• оформление отчетности и защита лабораторных работ; • оформление и защита домашнего задания; • конспект самостоятельной работы	• защита лабораторных работ • защита домашнего задания, • экзамен

4. Показатели и характеристики критериев оценивания компетенции на этапах

Согласована на портале № 7318

Таблица 3 Показатели и характеристики критериев оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическим и теоретическим знанием в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

5. Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Таблица 4 Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	*- анализирует связи между различными физическими понятиями электродинамики* *- представляет способы и результаты использования различных физических моделей электромагнитных полей*	*- свободно применяет методы решения задач электродинамики в незнакомых ситуациях;* *- умеет математически выражать и аргументировано доказывать положения технической электродинамики*	*- способен руководить междисциплинарной командой* *- свободно владеет разными способами представления информации в области технической электродинамики (в графической и математической форме)*

Согласована на портале № 7318

	- математически обосновывает выбор метода и план решения задачи разработки устройств СВЧ		
Хорошо (базовый уровень)	*- понимает связи между различными физическими понятиями в описании характеристик трактов СВЧ* *- имеет представление о физических моделях для расчета устройств СВЧ* *- аргументирует выбор метода решения задачи; формулирует постановку задачи и выбирает методы ее решения* *- графически иллюстрирует решение задачи*	*- самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование* *- применяет методы решения задач технической электродинамики в нестандартных ситуациях;* *- умеет корректно выражать и аргументировано обосновывать положения электромагнетизма*	*- критически осмысливает полученные знания по электромагнетизму* *- компетентен в различных дисциплинах (работа в междисциплинарной команде)* *- владеет разными способами представления физической информации по электромагнетизму*
Удовлетворительно (пороговый уровень)	*- дает определения основных понятий электромагнетизма* *- воспроизводит основные физические факты, формулирует законы электромагнетизма* *- распознает отдельные технические устройства СВЧ* *- знает основные методы решения*	*- умеет работать со справочной технической литературой* *- использует приборы, указанные в описании лабораторной работы* *- умеет представлять результаты своей работы*	*- владеет терминологией предметной области в технической электродинамики* *- способен корректно представить в математической форме основы электромагнетизма*

Согласована на портале № 7318

	типовых задач электродинамики и умеет их применять на практике		

6. Для реализации задач обучения используются следующие материалы:

7. Тесты:

Типовой тест по изученной теме (время выполнения 10 минут)

Шкала оценивания (за правильный ответ дается 1 балл)

«2» – 60% и менее «3» – 61-80% «4» – 81-90% «5» – 91-100%

1. Контрольные вопросы по теме – Основные положения теории электромагнетизма

2.1 Векторное поле $\vec{A}(x,y,z)$ задано однозначно, если: а) известна $\mathrm{div}\vec{A}(x,y,z)$; б) известен $\mathrm{rot}\vec{A}(x,y,z)$; в) известны $\mathrm{div}\vec{A}(x,y,z)$ и $\mathrm{rot}\vec{A}(x,y,z)$.

2.2 Необходимым и достаточным условием потенциальности поля является: а) $\mathrm{div}\vec{A}(x,y,z)=0$; б) $\mathrm{rot}\vec{A}(x,y,z)=0$; в) $\mathrm{div}\vec{A}(x,y,z)=0$ и $\mathrm{rot}\vec{A}(x,y,z)=0$.

2.3 Необходимым и достаточным условием соленоидальности поля являются: а) $\mathrm{div}\vec{A}(x,y,z)=0$; б) $\mathrm{rot}\vec{A}(x,y,z)=0$; в) $\mathrm{div}\vec{A}(x,y,z)=0$ и $\mathrm{rot}\vec{A}(x,y,z)=0$.

2.4 Из формулы для силы Лоренца следует, что фокусировку пучка заряженных частиц можно осуществить: а) электрическим полем; б) магнитным полем; в) необходимо использовать оба поля.

2.5 Увеличить кинетическую энергию пучка заряженных частиц можно: а) электрическим полем; б) магнитным полем; в) необходимо использовать оба поля.

2.6 Собственными токами электромагнитного поля являются: а) ток проводимости; б) ток смещения; в) поляризационный ток.

2.7 Ток генератора есть: а) сторонний ток; б) собственный ток; в) ток проводимости.

2.8 Если в выбранной точке пространства $\mathrm{div}B=0$, то: а) магнитные силовые линии замкнуты; б) векторное поле B нигде не имеет источников; в) магнитные заряды в природе отсутствуют.

2.9 Электромагнитное поле в магнитодиэлектрике определено, если известны: а) абсолютная диэлектрическая проницаемость; б) абсолютная магнитная проницаемость; в) относительная диэлектрическая и магнитная проницаемость.

Согласована на портале № 7318

2.10 В средах, в которых вектора $\vec{D}$ и $\vec{E}$, либо вектора $\vec{B}$ и $\vec{H}$ являются не коллинеарными, диэлектрическая, либо магнитная проницаемости являются; а) тензорами; б) функциями координат; в) независимыми от координат.

2. Контрольные вопросы по теме – Уравнения Максвелла

3.1 Предпочтительнее пользоваться уравнениями Максвелла в интегральной форме, если: а) известно в явном виде уравнение контура, охватывающего электромагнитное поле; б) известны в явном виде уравнения контура и поверхности через которую проходят силовые линии; в) известны в явном виде уравнения контура, поверхности и объема, содержащего электрические заряды.

3.2 Принцип суперпозиции электромагнитных полей заключается в том, что: а) общее решение уравнений Максвелла есть сумма частных решений; б) общее решение есть сумма частных решений помноженных на произвольные постоянные коэффициенты a_i, где i – номер частного решения; в) общее решение есть произведение частных решений.

3.3 Мгновенное значение вектора, гармонически изменяющегося во времени, есть: а) реальная часть от комплексной амплитуды; б) реальная часть самого вектора; в) мнимая часть самого вектора.

3.4 Амплитуды двух гармонически изменяющихся во времени векторов имеют вид $\dot{\vec{E}}_1 = E_0 \cdot \vec{i}_x$ и $\dot{\vec{E}}_2 = j \cdot E_0 \cdot \vec{i}_x$. Из условия следует, что: а) вектора параллельны орту $\vec{i}_x$; б) образуют в пространстве угол 90°; в) вектор $\dot{\vec{E}}_2$ опережает вектор $\dot{\vec{E}}_1$ по фазе на четверть периода.

3.5 Вектор Пойтинга для гармонического процесса имеет вид $\vec{\Pi} = \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left[\dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}}^*\right] + \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left\{\left[\dot{\vec{E}} \cdot \dot{\vec{H}}^*\right] \cdot e^{j2\omega t}\right\}$, где: а) первое слагаемое есть колеблющаяся часть мощности, а вторая – усредненная за период плотность потока мощности; б) первое слагаемое есть усредненная за период плотность потока мощности, а второе - колеблющаяся часть мощности, среднее значение которой за период равно 0; в) оба слагаемых описывают плотность потока мощности переносимой электромагнитным поле.

3.6 Из четвертого уравнения Максвелла $\mathrm{div}\vec{B} = 0$ следует, что магнитных зарядов в природе не существует. Однако при расчете, например, антенн вводят сторонний магнитный ток $j_{ст}$ с целью: а) придания симметричного вида первого и второго уравнений Максвелла; б) если известно решение для вектора $\dot{\vec{E}}$, то автоматическая запись решения для вектора $\dot{\vec{H}}$ осуществляется путем простой замены $\varepsilon \leftrightarrow \mu_a$, $j^{э}_{ст} \leftrightarrow j^{м}_{ст}$; в) доказательства дуальности (двойственности) электромагнитного процесса.

3.7 Введение стороннего магнитного тока позволяет: а) доказать лемму Лоренца; б) не позволяет доказать лемму Лоренца; в) лемма Лоренца не имеет отношения к магнитному току.

3.8 Для того, чтобы найти мгновенное значение поля в методе комплексных амплитуд, необходимо: а) домножить реальную часть на показательную функцию вида $\exp(-j\omega t)$; б) домножить реальную часть на показательную функцию вида $\exp(j\omega t)$; в) поделить на показательную функцию вида $\exp(j\omega t)$.

Согласована на портале № 7318

3.9 Действительная часть диэлектрической проницаемости ($\varepsilon_a = \varepsilon'_a + j\cdot\varepsilon''_a$) определяется: а) процессами поляризации в веществе; б) потерями на Джоулево тепло; в) процессами распространения волны в веществе.

3.10 Тангенс угла диэлектрических потерь определяется только: а) величиной мнимой части диэлектрической проницаемости; б) величиной действительной части диэлектрической проницаемости; в) отношением мнимой части к действительной части диэлектрической проницаемости.

3. Контрольные вопросы по теме – Плоские электромагнитные волны

4.1 Математической моделью однородной плоской волны является функция: а) $A(z,t)=A_m\cos(\omega t-\beta z)$; б) $A(z,t)=\mathrm{Re}\{A_m e^{-j\beta z} e^{j\omega t}\}$; в) $A(z,t)=\mathrm{Re}\{\dot{A}_m e^{-j\beta z}\}$.

4.2 Мгновенные значения функции A(z,t) определяется аргументами: а) (x,y,z,t); б) (x,y,t); в) (z,t).

4.3 Колебания в точке с координатой Z>0 запаздывает по фазе на величину: а) βz – радиан; б) (ωt-βz) – радиан; в) ωt – радиан.

4.4 Плоскостью равных фаз или волновым фронтом называется плоскость: а) перпендикулярная оси Z; б) плоскость, удовлетворяющая при любых t уравнению ωt-βz=const; в) плоскость XOY (волна распрастроняется вдоль оси z).

4.5 Процесс распространения электромагнитной волны характеризуется коэффициентом распространения $\gamma=\alpha+i\beta$, где α – коэффициент ослабления, β – коэффициент фазы. Волновой процесс осуществляется, если: а) γ – комплексное число; б) γ – мнимое число; в) γ – действительное число.

4.6 Электромагнитная волна является плоской однородной волной только в случае, если: а) $E_x \neq 0,\ E_y = E_z = 0$; б) отличная от нуля проекция E_x удовлетворяет уравнению $-\frac{\partial E_x}{\partial X} = \frac{\partial E_x}{\partial Y} = 0$; в) $E_y \neq 0,\ E_x = E_z = 0$ и $\frac{\partial E_y}{\partial X} = \frac{\partial E_y}{\partial Y} = 0$.

4.7 В однородной плоской волне векторы $\vec{E}$ и $\vec{H}$: а) перпендикулярны; б) $\vec{E}\perp\vec{H}\perp Z\perp$ – оси распространения; в) ориентированны произвольно.

4.8 Волна называется правополяризованной, если: а) $E_x = E_{m1}\cos\omega t$; б) $E_x = E_{m1}\cos\omega t$, $E_y = E_{m2}\sin\omega t$; в) $E_x = E_{m1}\cos\omega t$, $E_y = -E_{m2}\sin\omega t$.

4.9 Комплексный характер характеристического сопротивления среды означает, что: а) среда с потерями на Джоулево тепло; б) среда с потерями, вектора $\vec{E}$ и $\vec{H}$ колеблются не синфазно; в) имеется сдвиг фаз между векторами $\vec{E}$ и $\vec{H}$, пропорциональный тангенсу угла диэлектрических потерь.

4.10 Волновой вектор $\vec{k}$ плоской волны образует одинаковый угол θ с положительными направлениями осей x,y,z декартовой системы координат. Каков этот угол? Ответ: а) 30°; б) 45°; в) 57.74°.

4. Контрольные вопросы по теме – Граничные условия для векторов электромагнитного поля

5.1 Нормальные составляющие вектора магнитной индукции на границе раздела двух сред: а) претерпевают скачок; б) непрерывны; в) не определены.

Согласована на портале № 7318

5.2 Касательные составляющие векторов напряженности магнитного поля: а) непрерывны; б) претерпевают скачок; в) непрерывны, если проводимость σ границы раздела конечна.

5.3 На границе раздела идеального проводника плотность поверхностного электрического тока численно равна: а) касательной проекции вектора напряженности магнитного поля; б) касательной проекции вектора магнитной индукции; в) нормальной проекции вектора магнитной индукции.

5.4 Нормальные составляющие векторов электрического смещения на границе раздела двух сред: а) непрерывны; б) претерпевают скачок; в) непрерывны, если на границе отсутствуют электрические заряды.

5.5 Нормальные составляющие векторов напряженности электрического поля на границе раздела: а) претерпевают скачок; б) непрерывны; в) претерпевают скачок, если на границе отсутствуют электрические заряды.

5.6 Касательные составляющие векторов напряженности электрического поля на границе раздела двух сред: а) непрерывны; б) претерпевают скачок; в) претерпевают скачок только на границе идеального проводника.

5.7 Силовые линии электрического вектора подходят к поверхности идеального проводника: а) по нормали; б) по касательной; в) угол преломления всегда равен нулю.

5.8 Если диэлектрическая проницаемость второй среды стремится к бесконечности то, независимо от ориентации электрического поля в первой среде, на границе раздела двух сред имеет место только: а) нормальная; б) касательная; в) обе составляющие электрического поля.

5.9 Граничные условия имеют место только: а) в окрестности выделенной точки на поверхности; б) на всей поверхности раздела; в) на всей поверхности раздела, исключая особые точки.

5.10 Вектор нормали к границе раздела берется со знаком плюс, если: а) восстановлен к внешней границе; б) восстановлен к внутренней границе; в) всегда.

5. Контрольные вопросы по теме – Электромагнитные волны в средах с частотной дисперсией

6.1 Частотная дисперсия при распространении радиоволн имеет место, если: а) диэлектрическая проницаемость среды, в которой распространяется волна, есть функция частоты; б) магнитная проницаемость есть функция частоты; в) диэлектрическая и магнитная проницаемости одновременно являются функциями частоты.

6.2 Любая проводящая среда является дисперсной, если: а) относительная магнитная проницаемость равна единице; б) магнитная проницаемость отлична от единицы; в) магнитная проницаемость есть функция частоты.

6.3 Среды, в которых токи проводимости на заданной частоте превышают токи смещения и поляризационные токи называются металлоподобными: а) всегда; б) если мнимая часть магнитной проницаемости превышает действительную; в) если мнимая часть диэлектрической проницаемости превышает действительную.

6.4 В металлоподобной среде: а) коэффициенты фазы и ослабления численно равны всегда; б) равны, если характеристическое сопротивление есть величина комплексная; в) равны, если вектор напряженности электрического поля сдвинут по фазе относительно вектора напряженности магнитного поля на угол 45°.

6.5 Глубина проникновения электромагнитных волн в металлоподобную среду: а) уменьшается с ростом частоты и удельной проводимости; б) увеличивается с ростом

Согласована на портале № 7318

частоты и удельной проводимости; в) определяется только величиной магнитной проницаемости

6.6 Коэффициент ослабления равен нулю: а) в закритической плазме; б) в докритической плазме; в) если характеристическое сопротивление плазмы есть действительное число.

6.7 Групповая скорость характеризует скорость распространения: а) радиоимпульса; б) узкополосного радиоимпульса; в) широкополосного радиоимпульса.

6.8 В бесстолкновительной плазме с параметром $f_{пл}$=6.5 МГц распространяется радиоимпульс, имеющий несущую частоту f_0=32 МГц и эффективную ширину спектра Δf=1.6 МГц. Найти расстояние на котором при распространении радиоимпульса, его длительность удваивается. Ответ: а) L≈10 км; б) L≈100 км; в) L≈10^3 км.

6.9 Параметр лондоновской длинны в сверхпроводнике есть: а) глубина проникновения постоянного магнитного поля; б) глубина проникновения постоянного тока; в) толщина скин-слоя на постоянном токе.

6.10 Сверхпроводящая среда характеризуется комплексной удельной проводимостью $\tilde{\sigma} = \sigma_п - j\sigma_s$. Мнимый характер проводимости связан с тем, что: а) имеются потери за счет сверхпроводящих носителей; б) сверхпроводящие носители не переносят энергии; в) между током и вызывающим его электрическим полем имеется фазовый сдвиг на 90°.

6. Контрольные вопросы по теме – Распространение электромагнитных волн в анизотропной среде

7.1 Электрон атома, благодаря движению по Боровской орбите, обладает: а) орбитальным магнитным моментом; б) орбитальным и спиновым магнитным моментами; в) спиновым магнитным моментом.

7.2 Любая система, обладающая магнитным моментом, стремится занять такое положение, чтобы вектор намагниченности системы $\vec{M}$ и внешнее подмагничивающее поле $\vec{H}_0$ стали: а) параллельными; б) антипараллельными; в) перпендикулярными.

7.3 Явление избирательного поглощения электромагнитной энергии в ферромагнетиках называют ферромагнитным резонансом, при этом частота ферромагнитного резонанса пропорциональна: а) величине подмагничивающего поля; б) амплитуде переменного магнитного поля; в) отношению заряда электрона к его массе.

7.4 В высокочастотном электромагнитном поле магнитная индукция и напряженность магнитного поля в ферромагнетике связаны магнитной проницаемостью вещества, которая является: а) скаляром; б) вектором; в) тензором.

7.5 Намагниченный феррит является материальной средой с частотной дисперсией фазовой скорости, что следует из зависимости компонент тензора магнитной проницаемости от: а) напряженности подмагничивающего поля; б) от частоты ферромагнитного резонанса; в) от частоты колебаний электромагнитного поля.

7.6 При поперечном распространении электромагнитных волн в намагниченном феррите имеет место: а) обыкновенная волна; б) Е - волна; в) Н - волна.

7.7 фазовые скорости обыкновенной и необыкновенной волн в поперечно намагниченном феррите в общем случае различны, что приводит к эффекту Коттона – Мутона, при котором происходит преобразование поляризации плоской волны в слое гиротропной среды в: а) круговую; б) линейную; в) эллиптическую.

7.8 При продольном распространении волн в намагниченном феррите существуют: а) поляризованная по кругу волна с левым направлением вращения; б) аналогичная волна

Согласована на портале № 7318

с правым направлением вращения; в) обе независимые волны с левым и правым направлением вращения.

7.9 Невзаимный характер поворота плоскости поляризации волны в гиротропной среде при продольном распространении заключается в том, что знак угла поворота не зависит от: а) направления распространения волн; б) направления подмагничивающего поля; в) направления поворота вектора $\vec{E}$ в волне.

7.10 Эффектом Фарадея называют явление поворота плоскости поляризации электромагнитной волны в гиротропной среде при ее распространении: а) в произвольном направлении; б) вдоль подмагничивающего поля; в) поперек подмагничивающего поля.

7. Контрольные вопросы по теме – Падение плоских электромагнитных волн на границу раздела двух сред

8.1 На поверхности идеального проводящей плоскости модуль суммарного вектора напряженности магнитного поля в два раза больше модуля $H_{пад}$ и $H_{отр}$, поскольку: а) $H_\tau=0$; б) должен выполнятся закон сохранения энергии; б) $E_\tau=0$.

8.2 Коэффициент отражения от диэлектрического полупространства с $\varepsilon>0$ всегда меньше нуля, что означает: а) вектора $\vec{E}$ и $\vec{H}$ сдвинуты по фазе на 180°; б) амплитуда электрического вектора отраженной волны сдвинута по фазе на 180° относительно амплитуды электрического вектора падающей волны; в) вектора Пойнтинга падающей и отраженной волн сдвинуты по фазе на 180°.

8.3 Известно, что коэффициент отражения от диэлектрического слоя является частотно – зависимым. Однако, минимальный коэффициент (R=0) имеет место, если: а) $\varepsilon_{диэл}=1$; б) электрическая толщина слоя βL =const; в) $\beta L = \pi$ на любой частоте.

8.4 Плоскостью падения плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом называется плоскость в которой лежат вектора: а) электрического поля падающей, отраженной и преломленной волн; б) магнитного поля падающей, отраженной и преломленной волн; в) вектора Пойнтинга падающей, отраженной и преломленной волн.

8.5 Перпендикулярная поляризация характерна тем, что: а) плоскость поляризации, содержащая направление вектора $\vec{E}$, перпендикулярна плоскости падения; б) плоскость, содержащая вектор $\vec{H}$, перпендикулярна плоскости падения; в) плоскость, содержащая векторы $\vec{H}$, параллельна плоскости падения.

8.6 Параллельная поляризация характерна тем, что: а) плоскость, содержащая все три вектора $\vec{H}$ ($H_{пад}$,$H_{отр}$,$H_{прел}$), параллельна плоскости падения; б) плоскость, содержащая все три вектора $\vec{E}$, параллельна плоскости падения; в) плоскость, содержащая все три вектора $\vec{H}$, перпендикулярна плоскости падения.

8.7 Минимальный коэффициент отражения (R=0) может быть достигнут: а) при перпендикулярной поляризации; б) при параллельной поляризации; в) для обоих видов поляризации.

8.8 Отраженная волна при наклонном падении на границу раздела двух материальных сред отсутствует, если: а) угол падения равен углу полного внутреннего отражения; б) угол падения равен углу Брюстера; в) угол падения таков, что выполняется равенство $R_\perp = R_{II}$.

Согласована на портале № 7318

8.9 Поверхностные волны, имеющие место при углах падения больших угла полного внутреннего отражения называют замедленными волнами при этом, наибольшее замедление фазовой скорости будет при углах падения: а) $\varphi = \varphi_{пво}$; б) $\varphi = \pi/2$; в) $\varphi = \pi/4$.

8.10 Приближенные граничные условия Леонтовича можно использовать, если: а) вторая среда имеет комплексный показатель преломления; б) вторая среда имеет комплексное характеристическое сопротивление; в) угол преломления стремится к нулю независимо от угла падения.

8. Контрольные вопросы по теме – Основы теории направляемых электромагнитных волн

9.1 При падении плоской волны с параллельной поляризацией на идеальную проводящую плоскость результирующее электромагнитное поле, за счет интерференции падающей и отраженной волн, будет иметь составляющие: а) E_x, H_y, H_z; б) E_x, E_z, H_y; в) E_x, H_y, при этом угол падения $< 90^\circ$, а проводящая плоскость параллельна YOZ.

9.2 Из 9.1 следует, что такая волна будет неоднородной плоской волной, если угол падения: а) $\varphi = 90^\circ$; б) $0 \le \varphi < 90^\circ$; в) $0 < \varphi < 90^\circ$.

9.3 При падении плоской волны с перпендикулярной поляризацией на идеально проводящую плоскость результирующее поле, за счет интерференции падающей и отраженной волн, будет иметь составляющие: а) E_y, H_x, H_z; б) E_x, H_y, H_z; в) E_x, E_z, H_y.

9.4 Из 9.3 следует, что такая волна будет неоднородной плоской волной, если угол падения: а) $\varphi = 90^\circ$; б) $0 \le \varphi < 90^\circ$; в) $0 < \varphi < 90^\circ$.

9.5 Фазовая скорость волнового процесса направляемых волн над проводящей поверхностью определяется: а) поперечным волновым числом; б) продольным волновым числом; в) поперечным и продольным волновыми числами.

9.6 Структура полей электромагнитных волн Е – и Н – типов отличаются тем, что: а) проекции векторов поля описываются периодическими функциями продольной координаты Z или поперечной координаты X; б) для Е – волны $E_z \neq 0$; $H_z = 0$; а для Н – волны $H_z \neq 0$; $E_z = 0$; в) при угле падения $\varphi = 90^\circ$ Е – волна переходит в Т – волну, а Н – волна не существует.

9.7 При любом угле падения φ, отличном от 90° фазовая скорость больше скорости света: а) только для Е – волны; б) только для Н – волны; в) для Е – и Н – волн.

9.8 При каком угле падения продольная и поперечная длина волны для Е – и Н – волн равны: а) $\varphi = 30^\circ$; б) $\varphi = 45^\circ$; в) $\varphi = 60^\circ$.

9.9 Структура силовых линий волны типа Е над идеальной проводящей плоскостью, совпадающей с плоскостью XOZ, представляет собой картину стоячих волн вдоль оси X, при этом вектор $\vec{H}$: а) параллелен плоскости YOZ; б) перпендикулярен плоскости YOZ; в) параллелен оси Y.

9.10 Структура силовых линий волны типа Н над идеально проводящей плоскостью, совпадающей с плоскостью YOZ, представляет собой картину стоячих волн вдоль оси X, при этом вектор $\vec{H}$: а) параллелен плоскости XOZ; б) перпендикулярен плоскости XOZ; в) параллелен оси X.

Согласована на портале № 7318

9. Контрольные вопросы по теме – Прямоугольный металлический волновод

10.1 Формулы перехода для проекций векторов направляемого электромагнитного поля позволяют: а) найти поперечные составляющие если известна функция $E_z(x,y)$; б) найти поперечные составляющие если известна функция $H_z(x,y)$; в) найти поперечные составляющие если известны функции $E_z(x,y)$ и $H_z(x,y)$.

10.2 Однородной краевой задачей Дирихле называется краевая задача, согласно которой: а) искомая функция должна обратится в нуль на границе области; б) первая производная по нормали должна обратится в нуль на границе области; в) вторая производная функции по нормали должна обратится в нуль на границе области.

10.3 Однородной краевой задачей Неймана называется краевая задача, согласно которой: а) искомая функция должна обратится в нуль на границе области; б) первая производная функции по нормали должна обратится в нуль на границе области; в) вторая производная функции по нормали должна обратится в нуль на границе области.

10.4 Из решения краевой задачи для волн типа Е в прямоугольном волноводе следует, что возможно раздельное существование сколь угодно большого числа волн типа: а) E_{0n}; б) E_{m0}; в) E_{mn}, m и n – целые числа.

10.5 Из решения краевой задачи для волн типа Н в прямоугольном волноводе следует, что возможно раздельное существование сколь угодно большого числа волн типа: а) H_{0n}; б) H_{m0}; в) H_{00}.

10.6 Основным (низшим) типом волны в прямоугольном волноводе является волна: а) E_{11}; б) H_{01}; в) H_{10}.

10.7 Характеристическое сопротивление прямоугольного волновода, работающего на волнах Е – типа, есть функция частоты и при $\lambda_0=\lambda_{кр}$ равно: а) ∞; б) 0; в) Z_0 – характеристическое сопротивление вакуума.

10.8 Характеристическое сопротивление прямоугольного волновода, работающего на волнах Н – типа, есть функция частоты и при $\lambda_0=\lambda_{кр}$ равно: а) ∞; б) 0; в) Z_0 – характеристическое сопротивление вакуума.

10.9 Бегущие волны в прямоугольном волноводе имеют место, если: а) $\beta=g$; б) $\beta<g$; в) $\beta>g$, где β - коэффициент фазы в свободном пространстве, g – поперечное волновое число.

10.10 По прямоугольному волноводу распространяется волна H_{10} – типа, при этом поляризация магнитного вектора может быть: а) эллиптической; б) круговой, с левым направлением вращения; в) круговой, с правым направлением вращения.

10. Контрольные вопросы по теме – Круглый металлический волновод

11.1 Метод разделения переменных, используемый для решения дифференциальных уравнений, второго порядка, заключается в том, что искомое решение представляется в виде: а) произведение трех многочленов; б) произведении трех произвольных функций; в) произведение трех функций одна из которых зависит только от r, другая – только от φ, третья – только от Z.

11.2 Корень функции Бесселя есть значение аргумента функции при котором сама функция: а) обращается в бесконечность; б) обращается в нуль; в) достигает максимума.

11.3 Физический смысл индексов m и n волны E_{mn} в круглом металлическом волноводе означает: а) m – число стоячих полуволн вдоль координаты φ, а n – число стоячих полуволн по радиальной координате r; б) m – число стоячих полуволн вдоль

Согласована на портале № 7318

координаты Z, а n – вдоль координаты φ; в) m – число стоячих полуволн вдоль координаты Z, а n – вдоль координаты r.

11.4 Путем последовательной деформации прямоугольного волновода можно получить круглый металлический волновод. Интересно, а какой тип волны будет в круглом волноводе если по прямоугольному волноводу распространяется волна типа H_{10}?: а) E_{10}; б) E_{01}; в) H_{11}.

11.5 Низшим типом колебаний E_{mn} в круглом волноводе является волна: а) E_{11}; б) E_{01}; в) E_{12}.

11.6 Низшим типом колебаний H_{mn} в круглом волноводе является волна: а) H_{01}; б) H_{11}; в) H_{21}.

11.7 Какой тип волны в круглом металлическом волноводе предпочтительней использовать для дальней связи: а) E_{10}; б) H_{01}; в) H_{11}.

11.8 В круглом металлическом волноводе могут распространятся электромагнитные колебания основного типа с длиной волны: а) $\lambda_0>3{,}41a$; б) $\lambda_0<3{,}41a$; в) $3{,}41a>\lambda_0>2{,}61a$.

11.9 Определите диапазон частот, в пределах которого в круглом волноводе диаметром 4 см. может распространятся только волна основного типа. Ответ: а) $f_{раб}>2{,}2$ГГц;б) $f_{раб}<2{,}9$ ГГц; в) $2{,}2\text{ГГц}< f_{раб} <2{,}9\text{ГГц}$.

11.10 Наибольшее применение в технике СВЧ получили, так называемые симметричные волны в круглом металлическом волноводе. Простейшей волной такого типа является волна: а) E_{01}; б) H_{01}; в) E_{11}.

11. Контрольные вопросы по теме – Волноводы с волнами типа Т

12.1 Фазовая скорость Т – волн в волноводе удовлетворяет условию: а) $V_ф=c$; б) $V_ф>c$; в) $V_ф<c$ (под с – имеется в виду скорость света в заполняющей волновод среде).

12.2 Длину волны генератора, соответствующую случаю $\beta=g$, называют критической длиной волны данного типа и обозначают $\lambda_{кр}$. Тогда для волн типа Т будем иметь: а) $\lambda_{крТ}=0$; б) $\lambda_{крТ}=\infty$; в) $0<\lambda_{крТ}<\infty$.

12.3 Из электростатики известно, что $E(x,y)=-\text{grad}\varphi_э(x,y)$. Можно показать, что в отсутствие зарядов в волноводе с Т – волной, это соотношение удовлетворяет: а) первому уравнению Максвелла; б) второму уравнению Максвелла; в) третьему уравнению Максвелла.

12.4 Волны типа Т могут распространяться: а) в прямоугольном волноводе; б) в круглом волноводе; в) в волноводе, в котором имеется два и более изолированных друг от друга токонесущих проводника.

12.5 Амплитуда вектора напряженности электрического поля в поперечной плоскости коаксиального волновода имеет проекции вдоль единичных векторов: а) $\vec{i}_r$; б) $\vec{i}_r, \vec{i}_\varphi$; в) $\vec{i}_\varphi$.

12.6 Коаксиальный волновод, в справочной литературе, рекомендуется использовать при $f_{раб}\le 10$ГГц, что обусловлено: а) Потерями в диэлектрике; б) потерями в проводниках; в) потерями на возбуждение высших волн Е – и Н – типов.

12.7 Низший тип волны в микрополосковом волноводе, имеющий нулевое значение критической частоты, принято называть квази – Т – волной, что означает существование: а) Е – волн; б) Н – волн; в) Т – волн, Е – волн и Н – волн, одновременно.

12.8 Характеристическое сопротивление микрополосковой линии совпадает с волновым сопротивлением при: а) $b/h>>1$; б) $b/h<<1$; в) $b/h=1$, где b – ширина полоска, h – толщина подложки.

Согласована на портале № 7318

12.9 Входное сопротивление нагруженного отрезка волновода с Т - волной есть функция его длины, поэтому короткозамкнутый отрезок имеет индуктивное сопротивление, если: а)$l>\lambda/2$; б) $\lambda/4<l<\lambda/2$; в) $l\leq\lambda/4$.

12.10 Интересно, а в каком случае входное сопротивление любого отрезка равно волновому сопротивлению линии передачи независимо от его длины и от частоты? Ответ: а) при $Z_n>Z_в$; б) при $Z_n=Z_в$; в) при $Z_n<Z_в$.

12. Контрольные вопросы по теме – Колебательная система СВЧ. Объемные резонаторы

13.1 Замкнутый с двух сторон отрезок линии передачи и обычный колебательный контур отличается тем, что в резонаторе: а) имеется большое число длин волн, на которых выполняются условия резонанса; б) резонансная частота определяется длиной отрезка; в) резонансная частота кратна целому числу полуволн, укладывающихся на длине отрезка.

13.2 Объемный резонатор отличается от короткозамкнутого отрезка двухпроводной линии тем, что: а) картина стоячих волн будет иметь место по координатам x и z; б) картина стоячих волн будет иметь место по всем трем координатам XYZ; в) картина стоячих волн будет иметь место в плоскости XOY.

13.3 В прямоугольном объемном резонаторе на волне H_{10} – типа резонансная частота внешнего, возбуждающего генератора определяется: а) размером широкой стенки а; б) размерами а и узкой стенки – b; в) размерами а и длиной отрезка l.

13.4 Основным типом (основной модой) колебаний в прямоугольном резонаторе является мода: а) H_{111}; б) H_{112}; в) H_{101}.

13.5 Для моды H_{101} в прямоугольном резонаторе максимум электрического поля имеет при: а) x=a/2; z=l/2; б) x=a/2; y=b/2; z=l/2; в) x=a/2; $0\leq y\leq b$; z=l/2.

13.6 Для моды H_{101} в прямоугольном резонаторе максимум магнитного поля имеет место при: а)x=0, y=0, z=0; б) x=0,a; y=0,b; z=0,l; в) x=a, y=b, z=l.

13.7 Основным типом (основной модой) колебаний в цилиндрическом резонаторе является мода: а) E_{010}; б) H_{111}; в) H_{011}.

13.8 В объемном резонаторе возможно существование мод: а) H_{mn0}; б) E_{mn0}; в) H_{010}.

13.9 В коаксиальном резонаторе возможно существование мод: а) T_{01P}; б) T_{00P}; в) T_{11P}.

13.10 Для построения полосового частотного фильтра, объемный резонатор необходимо включить: а) по адсорбирующему способу; б) по проходной схеме; в) используется оба способа включения.

13. Контрольные вопросы по теме – Согласование нагрузки с линией передачи

14.1 Под узкополосным согласованием понимается: а) достижение режима бегущей волны на единственной расчетной частоте; б) при расчете номиналов элементов согласующего устройства полоса рабочих частот не контролируется; в) что полоса рабочих частот определяется экспериментально после нахождения номиналов согласующих элементов.

14.2 Узкополосное согласование может быть обеспечено с помощью: а) полуволнового трансформатора сопротивлений; б) четверть волнового трансформатора; в) с помощью сосредоточенных реактивностей.

14.3 При узкополосном согласовании достаточно иметь: а) одну степень свободы – место включения согласующего элемента; б) две степени свободы – место включения

Согласована на портале № 7318

согласующего устройства и его волновое сопротивление; в) три степени свободы – место включения, волновое сопротивление и полоса рабочих частот.

14.4 При широкополосном согласовании решаются следующие задачи: а) получить максимальное значение КБВ в максимальной полосе частот; б) получить максимальное значение КБВ в заданной полосе частот; в) получить максимальную полосу частот согласования при заданном значении допустимого КБВ.

14.5 Широкополосное согласование с помощью реактивного согласующего устройства: а) достигается при конечном числе степеней свободы; б) при числе степеней свободы, стремящимся к бесконечности; в) не достигается при любом числе степеней свободы.

14.6 Широкополосное согласование по постановке задачи близко к созданию частотно – избирательных фильтров, поэтому для построения согласующего устройства можно использовать: а) отрезок волновода регулярного сечения; б) отрезок волновода с плавно изменяющимся волновым сопротивлением; в) ступенчатые переходы – аналог чебышевского трансформатора.

14.7 Исходными данными для проектирования широкополосного согласующего устройства являются: а) перепад волновых сопротивлений Z_{b1}/Z_{bN}, где N – число ступеней; б) перепад волновых сопротивлений и средняя рабочая частота; в) перепад волновых сопротивлений, средняя частота и полоса согласования.

14.8 Перепад волновых сопротивлений Z_{b1}/Z_{bN}, где N – число ступеней определяет: а) масштабный коэффициент; б) рассогласование в полосе пропускания; в) электрическую длину ступеньки.

14.9 Полоса согласования определяет: а) масштабный коэффициент; б) рассогласование в полосе пропускания; в) электрическую длину ступеньки.

14.10 Что может являться прототипом при проектировании однотипных СВЧ устройств?: а) широкополосное согласующее устройство; б) многоступенчатый направленный ответвитель; в) полосно-пропускающий фильтр.

14. Контрольные вопросы по теме - Узлы и детали СВЧ тракта

15.1 Согласованные нагрузки могут быть выполнены в виде: а) открытого отрезка волновода; б) короткозамкнутого отрезка волновода; в) короткозамкнутого отрезка волновода с потерями.

15.2 Требуется создать коаксиально – волноводный переход для прямоугольного волновода с волной типа H_{10}. Каково ваше конструктивное решение, если задана полоса частот ≥20% при КБВ≈0.95?: а) переход с коаксиальным шлейфом; б) переход с поперечным стержнем и согласующей индуктивной диафрагмой; в) переход пуговичного типа и согласующей индуктивной диафрагмой.

15.3 Возбуждение волны низшего типа H_{11} в круглом волноводе возможно с помощью прямоугольного волновода с волной типа H_{10}. Для широкополосного согласования необходимо выбрать связь: а) через отверстие связи в стенке круглого волновода; б) через согласующую четвертьволновую вставку с овальной формой поперечного сечения; в) с помощью плавного перехода с постепенной деформацией поперечного сечения.

15.4 Повороты и изгибы линий передачи относятся к числу нерегулярностей, снижающих качество согласования и электропрочность. Во избежание этого применяют способ “подрезания” углов. Электропрочность волновода можно сохранить, если: а) выбрать длину скоса равной $\lambda_в$; б) изготовить двойной поворот длиной $\lambda_в/4$; в) изготовить плавный изгиб, длиной $n\lambda_в/2$, где n – целое число.

Согласована на портале № 7318

15.5 Метод декомпозиции в анализе многополюсных устройств СВЧ позволяет: а) представить СВЧ тракт в виде ряда простых устройств; б) произвести замену простого устройства (базового элемента) некоторой схемой замещения, состоящей из сосредоточенных элементов L,C и R и из отрезков линии передачи; в) представить матрицу передачи СВЧ тракта в виде произведения матриц передачи составляющих базовых элементов.

15.6 Аттенюаторы могут быть поглощающего типа, предельные и поляризационные. С целью микроминиатюризации аттенюатора следует выбрать: а) поляризационный тип; б) предельный тип; в) поглощающего типа.

15.7 Конструктивно фазовращатель не отличается от аттенюатора поглощающего типа, а в чем тогда отличие: а) постоянная распространения чисто действительная величина; б) отсутствуют потери в диэлектрической пластине; в) отсутствует поглощающий слой на диэлектрической пластине.

15.8 Чтобы участок круглого волновода с диэлектрической пластиной преобразовывал линейно поляризационную волну H_{11} в волну с круговой поляризацией, нужно: а) обеспечить на его выходе равенство амплитуд волн, поляризованных параллельно и перпендикулярно пластине; б) обеспечить сдвиг по фазе между ними на $\pi/2$; в) обеспечить равенство амплитуд и сдвиг по фазе между ними на $\pi/2$.

15.9 Двойной волноводный тройник (“магический мост”) представляет собой соединение в одно устройство: а) двух Е – тройников; б) Е – и Н – тройников; в) двух Н – тройников.

15.10 Кольцевой мост из прямоугольного волновода, который свернут в кольцо в плоскости Е, волны H_{10}, и присоединения к нему четырех плечей образует устройство: а) трех Н – тройников; б) двух Е – тройников и одного Н – тройника; в) трех Е – тройников.

15. Контрольные вопросы по теме - Устройство СВЧ с намагниченным ферритом

16.1 Ферромагнитный резонанс – избирательное поглощение электромагнитной энергии, характеризуется: а) ларморовский частотой $f_0=\gamma H_0$, где γ - отношение магнитного и механического моментов электрона; б) ларморовской частотой и шириной линии поглощения по уровню 0,5 от максимального значения; в) ларморовской частотой, шириной линии поглощения и поляризацией электромагнитной волны.

16.2 Устройство СВЧ с ферритами подразделяются на: а) взаимные и невзаимные; б) невзаимные и управляющие; в) невзаимные, управляющие и с магнитной памятью.

16.3 Эффект Фарадея – явление поворота плоскости поляризации линейно поляризованной волны при ее распространении в гиротропной среде имеет место при: а) поперечном намагничивании ферритового образца (вкладыша); б) продольном намагничивании; в) в обоих случаях.

16.4 Вентили бывают: а) на эффекте Фарадея; б) на явлении ферромагнитного резонанса; в) со смещением поля.

16.5 Циркуляторы бывают: а) фазовые; б) на эффекте Фарадея; в) с поперечно намагниченным ферритовым образцом.

16.6 Ферритовые фазовращатели бывают: а) на эффекте Фарадея; б) с поперечно намагниченным вкладышем; в) тороидальные.

16.7 Однорезонаторные ферритовые фильтры используют явления ферромагнитного резонанса (аналог колебательного контура), при этом, связанные линии передачи,

Согласована на портале № 7318

объединенные через ферритовую среду необходимо разместить под углом: а) 30°; б) 45°; в) 90°.

16.8 Наиболее распространенным является У циркулятор – симметричный тройник в плоскости Н, и намагниченной ферритовой шайбы в его центре, при этом волна проходит по пути: а) $1\to2\to3\to1$; б) $1\to3\to2\to1$; в) $1\to2\to1\to3$, в зависимости от направления подмагничивающего поля H_0, индексами 1,2,3 обозначены плечи циркулятора (по порядку).

16.9 В шестиполосных делителях мощности различают главный вход 1 и два выхода 2 и 3, образующих реактивный шестиполюсник, который не может быть согласован одновременно по всем трем входам (см. 2.5.15). Чтобы обеспечить согласование и развязку входов 2 и 3, необходимо ввести в схему: а) дополнительную реактивность; б) дополнительную проводимость; в) дополнительное сопротивление.

16.10 Декомпозиция устройств СВЧ предусматривает замену каждого выделенного базового элемента некоторой схемой замещения, состоящей из сосредоточенных элементов: а) LC; б) LCR; в) LCR и отрезок линии передачи.

8. Лабораторные работы

Оценивается правильность и самостоятельность выполнения лабораторной работы. Оценивается качество и полнота оформления отчета. Оценивается умение представить и устно защитить отчет о лабораторной работе.

8.1 Перечень лабораторных работ

[Техническая электродинамика. Основы электродинамики и распространение радиоволн. Антенны и устройства СВЧ: Лабораторный практикум / Козлов В.Г., Корогодов В.С., Шостак А.С. – 2012. 137 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1319]**:**

1. Исследование двухполюсников на СВЧ. [Главы 1,4,5.1].

2. Измерение параметров взаимных четырехполюсников на СВЧ, [Главы 1, 4, 5.4],

3. 2.2.3. Исследование параметров СВЧ резонаторов. [Главы 1, 2, 4, 5.7],

4. Исследование параметров ферритовых вентилей. [Главы 1, 3, 4, 5.5].

9. Практические занятия

9.1 Лабораторные занятия (решение задач).

Оценивается правильность и самостоятельность решения типовых задач на лабораторных занятиях по следующим темам [Техническая электродинамика: Учебный практикум / Шостак А. С., Козлов В. Г., Корогодов В. С. – 2012. 159 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1320] **:**

Согласована на портале № 7318

1. Элементы векторного анализа, [задачи № 1.7.1-1.7.15].
2. Основы теории электромагнетизма, [задачи №2.2.1. -2.2.20].
3. Уравнения Максвелла, [задачи № 3.2.1. - 3.2.17].
4. Статистические и ЭМП, [задачи № 4.2.1. - 4.2.20].
5. Отражение и преломление плоских ЭМВ, [задачи № 5.2.1.- 5.2.15].
6. Волноводы, [задачи № 6.2.1. -6.2. 6].
7. Резонаторы, [задачи № 7.2.1. -7.2. 5].
8. Устройства с квази - Т волнами [задачи № 8.2.1. - 8.2.5].

9.2 Решение задач для самостоятельной (домашней) работы.

Оценивается полнота и правильность задач для самостоятельного решения, у каждого студента свой вариант задачи. Задачи предлагаются по следующим темам [Техническая электродинамика: Учебный практикум / Шостак А. С., Козлов В. Г., Корогодов В. С. – 2012. 159 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1320] **:**

1. Элементы векторного анализа, [задачи № 1.8.1-1.8.9].
1. Основы теории электромагнетизма, [задачи №2.3.1. -2.3.12].
2. Уравнения Максвелла, [задачи № 3.3.1. - 3.3.8].
3. Статистические и ЭМП, [задачи № 4.3.1. - 4.3.10].
4. Отражение и преломление плоских ЭМВ, [задачи № 5.3.1.- 5.3.8].
5. Волноводы, [задачи № 6.3.1. -6.3. 15].
6. Резонаторы, [задачи № 7.3.1. -7.3. 15].
7. Устройства с квази - Т волнами [задачи № 8.3.1. - 8.3.15].
8.

10. Контрольные вопросы, выносимые на экзамен

1 Электромагнитное поле и его математические модели.
2 Закон Ома в дифференциальной форме.
3 Электромагнитные волны в хорошо проводящей среде.
4 Закон сохранения заряда
5 Электромагнитные волны в сверхпроводниках. Уравнение Лондонов.
6 Закон Гаусса.
7 Нормальное падение ЭМВ на идеально проводящую поверхность.
8 Закон неразрывности магнитных силовых линий.
9 Закон Снелля.
10 Угол Брюстера.
11 Угол полного внутреннего отражения.
12 Закон полного тока.
13 Ток смещения.
14 Неоднородные плоские волны.
15 Граничные условия Леонтовича.
16 Закон электромагнитной индукции.
17 Падение плоской ЭМВ под произвольным углом на идеально проводящую поверхность.
18 Понятие продольной и поперечной составляющих поля.

Согласована на портале № 7318

19 Материальные уравнения ЭМП.
20 Е – и Н – волны.
21 Связь между продольными и поперечными составляющими поля.
22 Поляризационные и сторонние токи.
23 Волны типа Е – в прямоугольном волноводе.
24 Уравнения Максвелла для гармонических колебаний.
25 Волны типа Н - в прямоугольном волноводе.
26 Вектор Пойтинга.
27 Волна типа H_{10} в прямоугольном волноводе.
28 Принцип перестановочной двойственности.
29 Распределение токов в волне H_{10}.
30 Характеристическое сопротивление волновода.
31 Лема Лоренца.
32 Типы волн в круглом металлическом волноводе.
33 Плоские волны.
34 Волны типа Е – в круглом волноводе.
35 Затухание волн в материальных средах.
36 Волны E_{01} и E_{11} в круглом волноводе.
37 Уравнение Гельмгольца.
38 Волны типа Н – в круглом волноводе.
39 Понятие характеристического сопротивления.
40 Структура H_{11} - волны в круглом волноводе.
41 Плоские ЭМВ с эллиптической поляризацией.
42 Волны типа – Т. Общие свойства.
43 Граничные условия для нормальных составляющих ЭМП.
44 Коаксиальный волновод.
45 Граничные условия для касательных составляющих ЭМП.
46 Полосковые волноводы.
47 Понятие квази – Т – волн.
48 ЭМВ в хорошо проводящей среде.
49 Отрезок волновода с Т – волной как четырехполюсник.
50 Распространение ЭМВ в бесстолкновительной плазме.
51 Материальные уровни ЭМП в магнитодиэлектрике.
52 Прямоугольный объемный резонатор.
53 Материальные уравнения ЭМП в магнитных материалах.
54 Собственные колебания в прямоугольном резонаторе.
55 Материальные уравнения ЭМП в анизотропных средах.
56 Структура ЭМП в резонаторах с колебаниями типа H_{101}.
57 Физический смысл уравнений Максвелла.
58 Области применения уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной форме.
59 Резонаторы на волноведущих линиях с Т – волной.
60 Физический смысл коэффициента распространения.
61 Колебательные системы СВЧ. Собственные типы колебаний.
62 Плоские волны и их характеристики.
63 Добротность объемных резонаторов.
64 Фазовая скорость ЭМВ.
65 Групповая скорость ЭМВ.
66 Уравнения движения вектора намагниченности в магнетиках.
67 Тензор магнитной проницаемости.

Согласована на портале № 7318

68 Общее решение уравнения Гельмгольца.
69 Уравнения Максвелла в гиротропной среде.
70 Поперечное распространение ЭМВ в гиротропной среде.
71 Распространение плоской ЭМВ в произвольном направлении.
72 Продольное распространение ЭМВ в гиротропной среде.
73 Математическая модель регулярной линии передачи на СВЧ.
74 Полные нормированные напряжения и токи в линии передач.
75 Трансформация сопротивлений в линии передач.
76 Принцип декомпозиции в анализе многополюсных устройств СВЧ.
77 Волновая матрица рассеяния четырехполюсника.
78 Волновая матрица передачи четырехполюсника.
79 Согласование нагрузки на СВЧ.
80 Изоляторы для коаксиального тракта.
81 Разъемы и сочленения в трактах СВЧ.
82 Переходы между линиями передачи различного типа.
83 Повороты линий передач.
84 Отражающие препятствия в волноводных трактах.
85 О рассогласовании тракта СВЧ с многими нерегулярностями.
86 Направленные ответвители.
87 Кольцевые направленные ответвители.
88 Делители мощности на СВЧ.
89 Типы фильтров на СВЧ.
90 Прототипы фильтров с оптимальными частотными характеристиками.
91 Замены частотной переменной при расчетах фильтров.
92 Применение отрезков линий передачи в фильтрах СВЧ.
93 Резонаторы на отражающих препятствиях в линии передачи.
94 Фильтры СВЧ с четвертьволновыми и непосредственными связями соседних резонаторов.
95 Ступенчатые переходы.
96 Плавные переходы.
97 Широкополосное согласование комплексных нагрузок.
98 Классификация управляющих устройств СВЧ.
99 Механические коммутаторы, фазовращатели и аттенюаторы.
100 Антенные переключатели на газовых разрядниках.
101 Выключатели СВЧ на коммутационных диодах.
102 Дискретные фазовращатели на коммутационных диодах.
103 Невзаимные и управляющие устройства с ферритами.
104 Ферритовые фазовращатели.
105 Перестраиваемые ферритовые фильтры.

11. Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Методические материалы приведены в рабочей программе «Техническая электродинамика» в разделах:

Согласована на портале № 7318

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

1 Основная литература

4. Фальковский О.И. Техническая электродинамика. Курс лекций М.: Лань, 2009, 432 с. ЭБС «Лань». Доступно с IP-адресов ТУСУРа, http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=55&pl1_id=403
5. Основы электродинамики и распространение радиоволн. Часть 1. Электромагнитные поля и волны: Курс лекций/ Шостак А.С. – 2012. 143 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1223
6. Антенны и устройства СВЧ. Часть 1.Устройства СВЧ: Учебное пособие / Шостак А.С. – 2012. 124 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1219

2 Дополнительная литература

4. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 558 с. Всего 100. СЧ 31 (1). АНЛ (8). СЧ 35 (1). АУЛ(85).
5. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика. - М.: Радио и связь. 2002. – 536 с. Всего 23. СЧ 31 (1). АНЛ (1). СЧ 35 (1). АУЛ(17).
6. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн. – М.: - Высшая школа, 1975 -279 с. Всего 3. СЧ 31 (1). АНЛ (2).

3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1**.** Техническая электродинамика. Основы электродинамики и распространение радиоволн. Антенны и устройства СВЧ: Лабораторный практикум / Козлов В.Г., Корогодов В.С., Шостак А.С. – 2012. 137 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1319

2. Техническая электродинамика: Учебный практикум/ Шостак А.С., Козлов В.Г., Корогодов В.С. – 2012. 159 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1320

3.Техническая электродинамика: Методическое пособие по самостоятельной работе студентов / Шостак А.С..– 2012. 17 с. Электронный ресурс edu.tusur.ru/training/publications/1649

4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы_

1. Пакеты прикладных программ Microsoft Office 7.0, MathCAD – 13.0, 14.0 .

Согласована на портале № 7318

Согласована на портале № 7318