МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Техническая электродинамика

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль) / специализация: **Технология электронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **РЭТЭМ, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	36	36	часов
3	Лабораторные работы	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	62	62	часов
5	Самостоятельная работа	82	82	часов
6	Всего (без экзамена)	144	144	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	180	180	часов
		5.0	5.0	З.Е.

Экзамен: 7 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.08.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 25211

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 16 от «29» 3 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного 12.11.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КИПР «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. КИПР	_____	А. С. Шостак
Заведующий обеспечивающей каф. КИПР	_____	В. М. Карабан

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РКФ	_____	Д. В. Озеркин
Заведующий выпускающей каф. РЭТЭМ	_____	В. И. Туев

Эксперты:

Доцент кафедры радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (РЭТЭМ)	_____	Н. Н. Несмелова
Доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры (КИПР)	_____	Н. Н. Кривин

Согласована на портале № 25211

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. 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.

1.2. 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 ОПОП

Дисциплина «Техническая электродинамика» (Б1.В.ДВ.5.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Основы радиоэлектроники, Радиотехнические системы, САПР и технология СВЧ устройств, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Автоматизированное проектирование РЭС, Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Управление качеством электронных средств.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

– ПК-6 готовностью выполнять расчёт и проектирование деталей, узлов и модулей электронных средств, в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

В результате изучения дисциплины обучающийся 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 использованием средств современной вычислительной техники и информационных технологий

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Аудиторные занятия (всего)	62	62
Лекции	18	18
Практические занятия	36	36
Лабораторные работы	8	8

Согласована на портале № 25211

Самостоятельная работа (всего)	82	82
Оформление отчетов по лабораторным работам	14	14
Проработка лекционного материала	31	31
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	37	37
Всего (без экзамена)	144	144
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость, ч	180	180
Зачетные Единицы	5.0	5.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Введение	1	0	0	1	2	ОПК-7, ПК-6
2 Электромагнитное поле. Основные положения теории электромагнетизма. Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.	4	6	2	15	27	ОПК-7, ПК-6
3 Плоские электромагнитные волны. Монохроматические поля. Граница раздела сред. Граничные условия для электромагнитного поля.	2	6	0	11	19	ОПК-7, ПК-6
4 Электромагнитные волны в средах с частотной дисперсией. Распространение электромагнитных волн в анизотропной (гиротропной) среде.	3	0	2	8	13	ОПК-7, ПК-6
5 Падение плоских электромагнитных волн на границу раздела двух сред.	2	12	0	18	32	ОПК-7, ПК-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	4	6	2	14	26	ОПК-7, ПК-6
7 Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы. Согласование нагрузки с линией передачи. Узлы и детали СВЧ трак-та. Устройства СВЧ с намагниченными ферритом.	2	6	2	15	25	ОПК-7, ПК-6
Итого за семестр	18	36	8	82	144	

Согласована на портале № 25211

Итого	18	36	8	82	144	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Введение	Место электромагнетизма в современной физической картине мира. Особенности диапазона СВЧ. Техника СВЧ и ее применение.	1	ОПК-7, ПК-6
	Итого	1	
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 гармоническихколебаний. Монохроматические поля. Комплексные амплитуды полей. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических потерь.	4	ОПК-7, ПК-6
	Итого	4	
3 Плоские электромагнитные волны. Монохроматические поля. Граница раздела сред. Граничные условия для электромагнитного поля.	Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца. Понятие характеристического со-противления. Плотность потока мощности в плоской электромагнитной волне. Некоторые частные случаи. Плоские волны с эллиптической поляризацией.Граничные условия для нормальных составляющих векторов магнитного поля	2	ОПК-7, ПК-6
	Итого	2	
4 Электромагнитные волны в средах с частотной дисперсией. Распространение электромагнитных волн в анизотропной (гиротропной) среде.	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 прони-цаемости намагниченного феррита. Уравнение Максвелла в гиротропной среде.	3	ОПК-7
	Итого	3	
5 Падение плоских	Нормальное падение плоской электромагнитной	2	ОПК-7,

Согласована на портале № 25211

электромагнитных волн на границу раздела двух сред.	волны на идеально проводящую плоскость. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрический слой конечной толщины. Падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом		ПК-6
	Итого	2	
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 параллель-ной поляризацией на идеально проводящую плоскость. Падение плоской волны с перпендикулярной поляризацией на идеально проводящую плоскость. Структура электро-магнитного поля Е- и Н - волн. Характеристики электромагнитного поля Е- и Н-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.. Полосковые волноводы. Отрезок волновода с Т - волной как четырехполюсник.	4	ОПК-7
	Итого	4	
7 Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы. Согласование нагрузки с линией передачи. Узлы и детали СВЧ трак-та. Устройства СВЧ с намагниченными ферритом.	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 эле-менты. Поглощающие оконечные нагрузки.. Аттенюаторы. Фазовращатели. Фильтры для подавления типов волн. Поляризаторы. Переходы с одного волновода на другой.. Мосты и направленные ответвители. Виды невзаимных устройств СВЧ с намагниченным ферритом.	2	ОПК-7, ПК-6
	Итого	2	
Итого за семестр		18	

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

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

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин						
	1	2	3	4	5	6	7

Согласована на портале № 25211

Предшествующие дисциплины							
1 Основы радиоэлектроники			+	+			+
2 Радиотехнические системы		+	+	+	+		
3 САПР и технология СВЧ устройств					+		+
4 Физика	+	+					
Последующие дисциплины							
1 Автоматизированное проектирование РЭС				+	+	+	+
2 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	+	+			+		
3 Управление качеством электронных средств				+	+	+	+

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

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

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-7	+	+	+	+	Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию
ПК-6	+	+	+	+	Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			

Согласована на портале № 25211

2 Электромагнитное поле. Основные положения теории электромагнетизма. Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.	Исследование двухполюсников на СВЧ. Измерение входного сопротивления с помощью измерительной линии. Определение комплексного сопротивления нагрузки по распределению поля в линии.	2	ОПК-7, ПК-6
	Итого	2	
4 Электромагнитные волны в средах с частотной дисперсией. Распространение электромагнитных волн в анизотропной (гиротропной) среде.	Измерение параметров четырехполюсников на СВЧ. Параметры четырехполюсников. Метод отношения мощностей. Ослабление аттенюаторов. Метод замещения.	2	ОПК-7
	Итого	2	
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	Исследование параметров СВЧ резона-торов. 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, ПК-6
	Итого	2	
7 Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы. Согласование нагрузки с линией передачи. Узлы и детали СВЧ трак-та. Устройства СВЧ с намагниченными ферритом.	Исследование параметров ферритовых вентилей. Параметры ферритовых вентилей. Вентили на эффекте ферромагнитного резонанса. Вентили на эффекте смещения поля. Измерение характеристик.	2	ОПК-7, ПК-6
	Итого	2	
Итого за семестр		8	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
2 Электромагнитное поле. Основные	Основы теории электричества	6	ОПК-7
	Итого	6	

Согласована на портале № 25211

положения теории электромагнетизма. Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.			
3 Плоские электромагнитные волны. Монохроматические поля. Граница раздела сред. Граничные условия для электромагнитного поля.	Уравнения Максвелла	6	ОПК-7
	Итого	6	
5 Падение плоских электромагнитных волн на границу раздела двух сред.	Статические и электромагнитные поля	6	ОПК-7, ПК-6
	Отражение и преломление плоских электро-маг-нитных волн	6	
	Итого	12	
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	Волноводы	6	ОПК-7, ПК-6
	Итого	6	
7 Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы. Согласование нагрузки с линией передачи. Узлы и детали СВЧ трак-та. Устройства СВЧ с намагниченными ферритом.	Резонаторы	6	ОПК-7, ПК-6
	Итого	6	
Итого за семестр		36	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Согласована на портале № 25211

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	1	ОПК-7, ПК-6	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест
	Итого	1		
2 Электромагнитное поле. Основные положения теории электромагнетизма. Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ОПК-7, ПК-6	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	5		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	15		
3 Плоские электромагнитные волны. Монохроматические поля. Граница раздела сред. Граничные условия для электромагнитного поля.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ОПК-7, ПК-6	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	5		
	Итого	11		
4 Электромагнитные волны в средах с частотной дисперсией. Распространение электромагнитных волн в анизотропной (гиротропной) среде.	Проработка лекционного материала	5	ОПК-7, ПК-6	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Итого	8		
5 Падение плоских электромагнитных волн на границу раздела двух сред.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ОПК-7	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	7		
	Проработка лекционного материала	5		
	Итого	18		
6 Основы теории направляемых электромагнитных волн линии передачи. Прямоугольный	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ОПК-7, ПК-6	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	5		

Согласована на портале № 25211

металлический волновод. Цилиндрические волны. Круглый металлический волновод. Волноводы с волнами типа Т. Затухание волн в полых металлических волноводах	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Итого	14		
7 Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы. Согласование нагрузки с линией передачи. Узлы и детали СВЧ трак-та. Устройства СВЧ с намагниченными ферритом.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ОПК-7	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Проработка лекционного материала	5		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	15		
Итого за семестр		82		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		118		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

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
7 семестр				
Конспект самоподготовки	5	5	5	15
Опрос на занятиях	4	4	4	12
Отчет по лабораторной работе	5	5	6	16
Отчет по практическому занятию	4	4	4	12
Тест	5	5	5	15
Итого максимум за период	23	23	24	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	23	46	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Согласована на портале № 25211

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

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

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. Основы электродинамики и распространение радиоволн Часть 2. Распространение радиоволн: Курс лекций / Шостак А. С. - 2012. 84 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1221, дата обращения: 17.05.2018.

12.2. Дополнительная литература

1. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика. - М.: Радио и связь. 2002. – 536 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 23 экз.)

2. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие / Боков Л. А., Мандель А. Е., Замотринский В. А. - 2013. 410 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3289, дата обращения: 17.05.2018.

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Техническая электродинамика, Основы электродинамики и распространение радиоволн, Антенны и устройства СВЧ: Лабораторный практикум / Корогодов В. С., Козлов В. Г., Шостак А. С. - 2012. 137 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1319, дата обращения: 17.05.2018.

2. Техническая электродинамика: Учебный практикум / Корогодов В. С., Козлов В. Г., Шостак А. С. - 2012. 159 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1320, дата обращения: 17.05.2018.

3. Техническая электродинамика: Методическое пособие по самостоятельной работе студентов / Шостак А. С. - 2012. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1649, дата обращения: 17.05.2018.

4. Основы электродинамики и распространение радиоволн Часть 1. Электромагнитные поля и волны: Курс лекций / Шостак А. С. - 2012. 143 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1223, дата обращения: 17.05.2018.

Согласована на портале № 25211

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Профессиональные базы данных, доступ к которым оформлен библиотекой ТУСУРа в текущий момент времени. Список доступных баз данных см. по ссылке: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория проектирования микроволновых устройств

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 405 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Панорамные измерители КСВН;
- Генератор сигналов высокочастотный;
- Измерительные линии Р1-36, Р1-3;
- Направленные детекторы коаксиальные;
- Комплект рупорных антенн;
- Ферритовые вентили: волноводные, коаксиальные;
- Комплект волноводных и коаксиальных нагрузок;
- Аттенюаторы, переходы, разъёмы и др. пассивные устройства СВЧ;
- Измеритель комплексных коэффициентов передачи Р4-23;
- Генераторы сигналов высокочастотные: Г4-80, Г4-81, Г4-82;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

Согласована на портале № 25211

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория проектирования микроволновых устройств

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 405 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Панорамные измерители КСВН;
- Генератор сигналов высокочастотный;
- Измерительные линии Р1-36, Р1-3;
- Направленные детекторы коаксиальные;
- Комплект рупорных антенн;
- Ферритовые вентили: волноводные, коаксиальные;
- Комплект волноводных и коаксиальных нагрузок;
- Аттенюаторы, переходы, разъёмы и др. пассивные устройства СВЧ;
- Измеритель комплексных коэффициентов передачи Р4-23;
- Генераторы сигналов высокочастотные: Г4-80, Г4-81, Г4-82;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся

Согласована на портале № 25211

с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Введение стороннего магнитного тока позволяет: а) доказать лемму Лоренца; б) не позволяет доказать лемму Лоренца; в) лемма Лоренца не имеет отношения к магнитному току; г) помогает решать симметричные задачи.

2. Для того, чтобы найти мгновенное значение поля в методе комплексных амплитуд, необходимо: а) домножить реальную часть на показательную функцию ; б) домножить мнимую часть на показательную функцию ; в) поделить на показательную функцию; г) домножить модуль на показательную функцию.

3. Действительная часть диэлектрической проницаемости определяется: а) процессами поляризации в веществе; б) потерями на Джоулево тепло; в) процессами распространения волны в веществе; г) зависит от величины поля.

4. 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; г) модуля диэлектрической проницаемости.

5. Нормальные составляющие вектора магнитной индукции на границе раздела двух сред: а) претерпевают скачок; б) непрерывны; в) не определены; г)зависят от магнитных свойств сред.

6 Касательные составляющие векторов напряженности магнитного поля: а) непрерывны; б) претерпевают скачок; в) непрерывны, если проводимость границы раздела конечна; г) не определена.

7 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; г) равна бесконечности.

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

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

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

11. Перпендикулярная поляризация характерна тем, что: а) плоскость поляризации, содержащая направление вектора E , а) перпендикулярна плоскости падения; б) плоскость, содержащая вектор H , перпендикулярна плоскости падения; в) плоскость, содержащая вектор E , г) параллельна плоскости падения.

Согласована на портале № 25211

12. Параллельная поляризация характерна тем, что: а) плоскость, содержащая все три вектора (Нпад, Нотр, Нпрел), параллельна плоскости падения; б) плоскость, содержащая все три вектора , параллельна плоскости падения; в) плоскость, содержащая все три вектора , г) перпендикулярна плоскости падения.

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

14. 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 отрицательный.

15. Основным (низшим) типом волны в прямоугольном волноводе является волна: а) Е11; б) Н01; в) Н10; г) Н11.

16. По прямоугольному волноводу распространяется волна Н10 – типа, при этом поляризация магнитного вектора может быть: а) эллиптической; б) круговой, с левым направлением вращения; в) круговой, с правым направлением вращения.

17. 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; г) в двухпроводной линии.

18. 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.

19. 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; г) нет отличия.

20. Основным типом (основной модой) колебаний в прямоугольном резонаторе является мода: а) Н111; б) Н112; в) Н101; г) Е111.

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

14.1.2. Экзаменационные вопросы

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.
16 Закон электромагнитной индукции.
17 Падение плоской ЭМВ под произвольным углом на идеально проводящую поверхность.
18 Понятие продольной и поперечной составляющих поля.
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.

Согласована на портале № 25211

25 Волны типа Н - в прямоугольном волноводе.
26 Вектор Пойтинга.
27 Волна типа Н10 в прямоугольном волноводе.
28 Принцип перестановочной двойственности.
29 Распределение токов в волне Н10.
30 Характеристическое сопротивление волновода..
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 Е01 и Е11 в круглом волноводе.
37 Уравнение Гельмгольца.
38 Волны типа Н – в круглом волноводе.
39 Понятие характеристического сопротивления.
40 Структура Н11 - 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 Н101.
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.
68 Общее решение уравнения Гельмгольца.
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..
77 Волновая матрица рассеяния четырехполюсника.
79 Согласование нагрузки на СВЧ.
81 Разъемы и сочленения в трактах СВЧ.
82 Переходы между линиями передачи различного типа.
83 Повороты линий передач.

Согласована на портале № 25211

84 Отражающие препятствия в волноводных трактах.
86 Направленные ответвители.
87 Кольцевые направленные ответвители.
88 Делители мощности на СВЧ..
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.

14.1.3. Вопросы на самоподготовку

Электромагнитное поле. Основные положения теории электромагнетизма.
Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.
Плоские электромагнитные волны. Монохроматические поля.
Граница раздела сред. Граничные условия для электромагнитного поля.
Электромагнитные волны в средах с частотной дисперсией.
Распространение электромагнитных волн в анизотропной (гиротропной) среде.
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

Колебательные системы СВЧ. Объемные резонаторы.
Согласование нагрузки с линией передачи.
Узлы и детали СВЧ тракта.
Устройства СВЧ с намагниченными ферритом.

14.1.4. Темы опросов на занятиях

Место электромагнетизма в современной физической картине мира. Особенности диапазона СВЧ. Техника СВЧ и ее применение.

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.

Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца. Понятие характеристического со-противления. Плотность потока мощности в плоской электромагнитной волне. Некоторые частные случаи. Плоские волны с эллиптической поляризацией.

Граничные условия для нормальных составляющих векторов магнитного поля

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 прони-цаемости намагниченного феррита. Уравнение Максвелла в гиротропной среде.

Нормальное падение плоской электромагнитной волны на идеально проводящую плоскость. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрический слой конечной толщи-

Согласована на портале № 25211

ны. Падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом

Падение плоской волны с параллель-ной поляризацией на идеально проводящую плоскость. Падение плоской волны с перпендикулярной поляризацией на идеально проводящую плоскость. Структура электро-магнитного поля Е- и Н - волн. Характеристики электромагнитного поля Е- и Н- 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.. Полосковые волноводы. Отрезок волновода с Т - волной как четырехполюсник.

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 эле-менты. Поглощающие оконечные нагрузки.. Аттенюаторы. Фазовращатели. Фильтры для подавления типов волн. Поляризаторы. Переходы с одного волновода на другой.. Мосты и направленные ответвители. Виды невзаимных устройств СВЧ с намагниченным ферритом.

14.1.5. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Основы теории электричества
Уравнения Максвелла
Статические и электромагнитные поля
Отражение и преломление плоских электро-магнитных волн
Волноводы
Резонаторы

14.1.6. Темы лабораторных работ

Исследование двухполюсников на СВЧ. Измерение входного сопротивления с помощью измерительной линии. Определение комплексного сопротивления нагрузки по распределению поля в линии.

Измерение параметров четырехполюсников на СВЧ. Параметры четырехполюсников. Метод отношения мощностей. Ослабление аттенюаторов. Метод замещения.

Исследование параметров СВЧ резона-торов. Резонаторы СВЧ и их параметры. Измерение добротности по декременту затухания. Резонатор, включенный как оконечная нагрузка. Метод передачи. Автоматический метод измерения параметров резонатора.

Исследование параметров ферритовых вентилей. Параметры ферритовых вентилей. Вентили на эффекте ферромагнитного резонанса. Вентили на эффекте смещения поля. Измерение характеристик.

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)

Согласована на портале № 25211

С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 25211