МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Электродинамика и распространение радиоволн

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки (специальность): **25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования**
Направленность (профиль): **Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушных судов и аэропортов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КИПР, Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры**
Курс: **2, 3**
Семестр: **4, 5**
Учебный план набора 2011 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	4 семестр	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	16	18	34	часов
2	Практические занятия	8	16	24	часов
3	Лабораторные занятия	16	8	24	часов
4	Всего аудиторных занятий	40	42	82	часов
5	Из них в интерактивной форме	6	10	16	часов
6	Самостоятельная работа	32	30	62	часов
7	Всего (без экзамена)	72	72	144	часов
8	Подготовка и сдача экзамена		36	36	часов
9	Общая трудоемкость	72	108	180	часов
		2.0	3.0	5.0	З.Е

Зачет: 4 семестр
Экзамен: 5 семестр

Согласована на портале № 9583

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 1/2017 от «19» 1 2017 г.

Томск 2017

Согласована на портале № 9583

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования , утвержденного 2016-09-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

проф. каф. КИПР каф. КИПР _____ Шостак А. С.

Заведующий обеспечивающей каф. КИПР _____ Карабан В. М.

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

Декан РКФ _____ Озеркин Д. В.

Заведующий выпускающей каф. КИПР _____ Карабан В. М.

Эксперты:

профессор кафедры КИПР кафедра КИПР _____ Масалов Е. В.

Согласована на портале № 9583

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является углубление фундаментальных знаний о законах, описывающих электромагнитное поле, как вида материи, освоение математического аппарата и методов электродинамического описания явлений и процессов в радиоэлектронных устройствах различного назначения, изучение распространения однородных плоских электромагнитных волн в материальных средах и в свободном пространстве.

1.2. Задачи дисциплины

– В результате изучения курса студенты должны знать уравнения Максвелла, материальные уравнения, граничные условия и следствие из них, методы решения уравнений Максвелла при описании процессов излучения, распространения и дифракции радиоволн в различных средах и структурах, способы и особенности распространения радиоволн различных диапазонов вблизи поверхности Земли, в тропосфере, ионосфере и в других материальных средах.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Электродинамика и распространение радиоволн» (Б1.Б.16) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Высшая математика, История авиации и космонавтики, Системные основы радиолокации и радионавигации.

Последующими дисциплинами являются: Автоматизированные системы управления воздушным движением, Антенны и устройства сверхвысокой частоты, Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Прием и обработка сигналов, Радиолокационные системы, Формирование и передача сигналов.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-26 способностью разрабатывать планы, программы и методики проведения исследований объектов профессиональной деятельности на основе информационного поиска и анализа информации по объектам исследований;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** основные законы теории электромагнитного поля; особенности статических и стационарных полей, параметры плоской однородной волны в различных средах; структура электромагнитного поля над идеально проводящей поверхностью; особенности распространения волн различных диапазонов.

– **уметь** рассчитывать напряженность электрических и магнитных полей, графически изображать поля, решать инженерные задачи, связанные с использованием волн.

– **владеть** приёмами оценивания параметров и характеристик электромагнитных процессов на основе методов теоретического и физического исследования.

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	
		4 семестр	5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	82	40	42
Лекции	34	16	18
Практические занятия	24	8	16
Лабораторные занятия	24	16	8
Из них в интерактивной форме	16	6	10

Согласована на портале № 9583

Самостоятельная работа (всего)	62	32	30
Оформление отчетов по лабораторным работам	24	16	8
Проработка лекционного материала	11	4	7
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	27	12	15
Всего (без экзамена)	144	72	72
Подготовка и сдача экзамена	36		36
Общая трудоемкость час	180	72	108
Зачетные Единицы Трудоемкости	5.0	2.0	3.0

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	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	Введение	2	0	0	1	3	ПК-26
2	Теория электромагнитного поля	6	8	6	16	36	ПК-26
3	Распространение плоских однородных волн	8	0	10	15	33	ПК-26
4	Распространение радиоволн в материальных средах	6	8	8	15	37	ПК-26
5	Особенности распространения радио-волн различных диапазонов	12	8	0	15	35	ПК-26
	Итого	34	24	24	62	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
4 семестр			
1 Введение	Цели и задачи дисциплины, организация обучения и самостоятельной работы студентов. Место электромагнетизма в	2	ПК-26

Согласована на портале № 9583

	современной физической картине мира Особенности диапазона СВЧ. Техника СВЧ и ее применение. Распространение радиоволн. Элементы векторной алгебры и векторного анализа.		
	Итого	2	
2 Теория электромагнитного поля	Основные положения электромагнетизма: элек-тромагнитное поле и его математические модели. Плотность тока проводимости. Дифференциальная форма закона Ома. Закон сохранения заряда. Закон Га-усса. Закон неразрывности магнитных силовых линий. Закон полного тока. Ток смещения. Закон электромаг-нитной индукции. Материальные уравнения электро-магнитного поля. Поляризационные и сторонние токи.Уравнения Максвелла: сводка уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в интегральной форме. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.Уравнения Максвелла для гармонических колебаний: уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Монохроматические поля. Комплексные амплитуды полей. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических потерь. Энергетические соотношения в электромагнитном поле. Вектор Пойнтинга. Магнитный ток. Принцип перестановочной двойственности. Лемма Лоренца.	6	ПК-26
	Итого	6	
3 Распространение плоских однородных волн	Плоские однородные электромагнитные волны: понятие волнового процесса. Продольные и поперечные волны. Плоские волны и их характеристи-ки. Затухание волн в материальных средах. Коэффици-ент распространения. Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца. Поляризация плоских электромагнитных волн: понятие характеристического сопротивления. Плотность потока мощности в плоской электромагнит-ной волне. Некоторые частные случаи. Плоские волны с эллиптической	8	ПК-26

Согласована на портале № 9583

	поляризацией. Плоские электромаг-нитные волны, распространяющиеся в произвольном направлении.Граничные условия для векторов электро-магнитного поля: постановка задачи. Граничные усло-вия для нормальных составляющих векторов магнитно-го поля. Граничные условия для нормальных состав-ляющих векторов электрического поля. Граничные ус-ловия для касательных составляющих векторов маг-нитного поля. Граничные условия для касательных со-ставляющих векторов электрического поля.Нормальное падение плоских однородных электромагнитных волн на плоскую границу разде-ла сред: нормальное падение плоской электромагнит-ной волны на идеально проводящую плоскость. Нор-мальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство. Нормальное паде-ние плоской электромагнитной волны на диэлектриче-ский слой конечной толщины. К вопросу о создании не отражающих сред. Падение плоских однородных электромаг-нитных волн на плоскую границу раздела сред под произвольным углом: падение плоской электромаг-нитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом. Угол Брюстера.		
	Итого	8	
Итого за семестр		16	
5 семестр			
4 Распространение радиоволн в материальных средах	Распространение плоских электромагнит-ных волн в средах с частотной дисперсией: волны в диэлектриках и в прово-дящей среде. Плазма и ее электродинамические пара-метры. Распространение электромагнитных волн в плазме. Распространение импульсов в средах с частот-ной дисперсией фазовой скорости. Понятие групповой скорости. Распространение плоских электромагнит-ных волн в анизотропных средах: изотропные и ани-зотропные среды. Физический механизм анизотропии ферритов.	6	ПК-26

Согласована на портале № 9583

	Поперечное и продольное распространение электромагнитных волн в намагниченном феррите. Эффекты Коттона – Мутона и Фарадея.		
	Итого	6	
5 Особенности распространения радио-волн различных диапазонов	Общие вопросы распространения радио-волн: классификация радиоволн по диапазону и спосо-бу распространения. Формулы идеальной радиопереда-чи и множитель ослабления. Определение области про-странства, существенной при распространении радио-волн.Распространение земных радиоволн: расчет поля при поднятых антеннах в зоне прямой видимости. Интерференционная формула и формула Введенского. Диаграммы направленности поднятых антенн. Учет сферичности земли при распространении радиоволн в зоне освещенности. Приведенные высоты и их исполь-зование при расчете поля. Расчет поля при низко рас-положенных антеннах. Постановка задачи. Структура поля вблизи поверхности Земли. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля.Влияние тропосферы на распространение радиоволн: строение тропосферы. Её электрические параметры. Распространение волн в неоднородной сре-де. Явление рефракции. Эквивалентный радиус Земли при учете рефракции. Сверхрефракция. Тропосферные волноводы. Рассеяние радиоволн на тропосферных не-однородностях. Дальнее тропосферное распростране-ние. Особенности распространения оптических волн в тропосфере.Влияние ионосферы на распространение ра-диоволн: строение ионосферы. Физические причины образования в ионосфере ионизированных слоев. Элек-трические параметры слоев. Критические и максималь-ные частоты. Влияние магнитного поля Земли на рас-пространение радиоволн в ионосфере. Особенности распространения в ионосфере волн различных диапазо-нов. Выбор оптимальных рабочих	12	ПК-26

Согласована на портале № 9583

	частот.Распространение радиоволн на космических линиях связи: системы спутниковой связи и их качест-венные показатели. Полосы частот в системах спутни-ковой радиосвязи. Учет поглощения сигналов в атмо-сфере. Деполяризация волн в атмосфере. Шумы атмосферы, космические шумы и шумы приемных систем. Элементы проектирования систем спутниковой связи. Примеры систем спутниковой связи в России и за рубежомРаспространение радиоволн различных диапазонов: влияние электродинамических свойств земных покровов на распространение сверхдлинных, длинных и средних радиоволн. Особенности распространения коротких волн (зона молчания, ночные волны и дневные волны). Особенности распространения ультракоротких волн (радиорелейные линии связи, космическая связь).		
	Итого	12	
Итого за семестр		18	
Итого		34	

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 представ-лены 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
Предшествующие дисциплины						
1	Высшая математика		+			
2	История авиации и космонавтики		+			
3	Системные основы радиолокации и радионавигации					+
Последующие дисциплины						
1	Автоматизированные системы управления воздушным движением					+
2	Антенны и устройства сверхвысокой частоты		+		+	
3	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты					+

Согласована на портале № 9583

4	Прием и обработка сигналов				+	
5	Радиолокационные системы				+	
6	Формирование и передача сигналов				+	

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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ПК-26	+	+	+	+	Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Отчет по практике

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
4 семестр				
Презентации с использованием слайдов с обсуждением	2	2	2	6
Итого за семестр:	2	2	2	6
5 семестр				
Мозговой штурм	4	4	2	10
Итого за семестр:	4	4	2	10
Итого	6	6	4	16

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 9583

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
2 Теория электромагнитного поля	Исследование двухполюсников на СВЧ. Измерение входного сопротивления с по-мощью измерительной линии. Определение комплексного сопротивления в нагрузке по рас-пределению поля в линии	6	ПК-26
	Итого	6	
3 Распространение плоских однородных волн	Измерение параметров четырехполюсников на СВЧ. Параметры четырехполюсников. Ме-тод отношения мощностей. Ослабление атте-нюаторов. Метод замещения	5	ПК-26
	Исследование параметров СВЧ резонаторов. Резонаторы СВЧ и их основные параметры. Из-мерение добротности по декременту затухания. Резонатор, включенный как оконечная нагрузка. Метод передачи. Автоматизированный метод измерения параметров резонатора	5	
	Итого	10	
Итого за семестр		16	
5 семестр			
4 Распространение радиоволн в материальных средах	Исследование параметров ферритовых вен-тилей. Параметры ферритовых вентилей. Вен-тили на эффекте ферромагнитного резонанса. Вентили на эффекте смещения поля. Измерение характеристик	8	ПК-26
	Итого	8	
Итого за семестр		8	
Итого		24	

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 9583

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
2 Теория электромагнитного поля	Основы теории электромагнетизма	3	ПК-26
	Уравнения Максвелла	3	
	Контрольная работа: Основы теории электро-магнетизма и уравнения Максвелла	2	
	Итого	8	
Итого за семестр		8	
5 семестр			
4 Распространение радиоволн в материальных средах	Плоские электромагнитные волны	3	ПК-26
	Отражение и преломление плоских электромаг-нитных волн	3	
	Контрольная работа: Плоские электромагнит-ные волны, отражение и преломление	2	
	Итого	8	
5 Особенности распространения радио-волн различных диапазонов	Распространение земных радиоволн	3	ПК-26
	Влияние тропосферы и ионосферы на распро-странение радиоволн	3	
	Контрольная работа: Распространение радио-волн	2	
	Итого	8	
Итого за семестр		16	
Итого		24	

9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
4 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	1	ПК-26	Конспект самоподготовки
	Итого	1		
2 Теория	Подготовка к	3	ПК-26	Конспект

Согласована на портале № 9583

электромагнитного поля	практическим занятиям, семинарам			самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практике
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3		
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	16		
3 Распространение плоских однородных волн	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-26	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практике
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	5		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	5		
	Итого	15		
Итого за семестр		32		
5 семестр				
4 Распространение радиоволн в материальных средах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-26	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практике
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2		
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	15		
5 Особенности распространения радио-волн различных диапазонов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-26	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по практике
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3		
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4		

Согласована на портале № 9583

	Проработка лекционного материала	5		
	Итого	15		
Итого за семестр		30		
	Подготовка к экзамену	36		Экзамен
Итого		98		

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные 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
4 семестр				
Конспект самоподготовки	7	7	6	20
Контрольная работа	7	7	6	20
Опрос на занятиях	7	7	6	20
Отчет по лабораторной работе	7	7	6	20
Отчет по практике	7	7	6	20
Итого максимум за период	35	35	30	100
Нарастающим итогом	35	70	100	100
5 семестр				
Конспект самоподготовки	5	5	4	14
Контрольная работа	5	5	4	14
Опрос на занятиях	5	5	4	14
Отчет по лабораторной работе	5	5	4	14
Отчет по практике	5	5	4	14
Итого максимум за период	25	25	20	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	25	50	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

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

Согласована на портале № 9583

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 1. Электромагнитные поля и волны: Курс лекций / Шостак А. С. - 2012. 143 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1223, свободный.

2. 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, свободный.

12.2. Дополнительная литература

1. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 558 с. [Электронный ресурс]. - http://www.vixri.ru/?p=3609

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

12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Основы электродинамики и распространение радиоволн: Сборник задач / Корогодов В. С., Козлов В. Г., Шостак А. С. - 2012. 172 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1224, свободный.

2. 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, свободный.

3. Основы электродинамики и распространение радиоволн: Методическое пособие по самостоятельной работе студентов / Шостак А. С. - 2012. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1705, свободный.

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. 1 Пакеты прикладных программ Microsoft Office 7.0, MathCAD – 13.0, 14.0
2.
3.

Согласована на портале № 9583

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);

1. Измерительные линии – Р1-36, Р1 3;
2.Направленные детекторы коаксиальные - (3,2 – 5, 6) ГГц, (4,0 – 12, 05) ГГц;
3. Комплект рупорных антенн;
4. Ферритовые вентили волноводные (5,5 – 8,3) ГГц, коаксиальные (2 – 4 ; 1,5 – 3) ГГц;
5. Комплект волноводных и коаксиальных нагрузок;
6. Аттенюаторы, переходы разъемы и др. пассивные устройства СВЧ.

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 9583

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Электродинамика и распространение радиоволн

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки (специальность): **25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования**
Направленность (профиль): **Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушных судов и аэропортов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КИПР, Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры**
Курс: **2, 3**
Семестр: **4, 5**

Учебный план набора 2011 года

Разработчики:
- проф. каф. КИПР каф. КИПР Шостак А. С.

Зачет: 4 семестр
Экзамен: 5 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 9583

1. Введение

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

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

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-26	способностью разрабатывать планы, программы и методики проведения исследований объектов профессиональной деятельности на основе информационного поиска и анализа информации по объектам исследований	Должен знать основные законы теории электромагнитного поля; особенности статических и стационарных полей, параметры плоской однородной волны в различных средах; структура электромагнитного поля над идеально проводящей поверхностью; особенности распространения волн различных диапазонов.; Должен уметь рассчитывать напряженность электрических и магнитных полей, графически изображать поля, решать инженерные задачи, связанные с использованием волн.; Должен владеть приёмами оценивания параметров и характеристик электромагнитных процессов на основе методов теоретического и физического исследования.;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями 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	Работает при прямом наблюдении

Согласована на портале № 9583

		задач	

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-26

ПК-26: способностью разрабатывать планы, программы и методики проведения исследований объектов профессиональной деятельности на основе информационного поиска и анализа информации по объектам исследований.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – 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 распространения радиоволн различных диапазонов. Знает современные возможности развития электроники, измерительной и вычислительной техники для создание бесперебойной связи	Умеет осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования радиолиний линий, 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 радиолиний линий передачи СВЧ с использованием средств современной вычислительной техники и информационных технологий.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет; • Конспект самоподготовки;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет; • Конспект самоподготовки;	• Отчет по лабораторной работе; • Зачет; • Отчет по практике; • Зачет; • Экзамен;

Согласована на портале № 9583

	• Отчет по практике; • Зачет; • Экзамен;	• Отчет по практике; • Зачет; • Экзамен;	

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	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;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Вопросы на самоподготовку

– 1. Введение в теорию электромагнетизма

– 2. Основные положения электромагнетизма: электромагнитное поле и его математические модели. Плотность тока проводимости. Дифференциальная форма закона Ома. Закон сохранения заряда. Закон Га-усса. Закон неразрывности магнитных силовых линий. Закон полного тока. Ток смещения. Закон электромагнитной индукции. Материальные уравнения электро-магнитного поля. Поляризационные и сторонние токи. Уравнения Максвелла: сводка уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в интегральной форме. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний: уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Монохроматические поля. Комплексные амплитуды полей.

– 3. Плоские однородные электромагнитные волны: понятие волнового процесса. Продольные и поперечные волны. Плоские волны и их характеристики. Затухание волн в материальных средах. Коэффициент распространения. Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца. Поляризация плоских электромагнитных волн: понятие характеристического сопротивления. Плоские волны с эллиптической поляризацией. Граничные условия для векторов электро-магнитного поля: постановка задачи. Граничные условия для нормальных составляющих векторов магнитно-го поля. Граничные условия для нормальных составляющих векторов электрического поля. Граничные условия для касательных составляющих векторов магнитного поля. Граничные условия для касательных составляющих векторов электрического поля. Нормальное падение плоских однородных электромагнитных волн на

Согласована на портале № 9583

плоскую границу раздела сред: нормальное падение плоской электромагнит-ной волны на идеально проводящую плоскость. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрический слой конечной толщины. Падение плоских однородных электромагнитных волн на плоскую границу раздела сред под произвольным углом: падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом. Угол Брюстера.

– 4. Распространение плоских электромагнитных волн в средах с частотной дисперсией: волны в диэлектриках и в проводящей среде. Плазма и ее электродинамические пара-метры. Распространение электромагнитных волн в плазме. Понятие групповой скорости. Распространение плоских электромагниных волн в анизотропных средах: изотропные и анизотропные среды. Физический механизм анизотропии ферритов. Поперечное и продольное распространение электромагнитных волн в намагниченном феррите. Эффекты Коттона Мутона и Фарадея.

– 5. Общие вопросы распространения радио-волн: классификация радиоволн по диапазону и способу распространения. Формулы идеальной радиопередачи и множитель ослабления. Определение области про-странства, существенной при распространении радиоволн. Распространение земных радиоволн: расчет поля при поднятых антеннах в зоне прямой видимости. Интерференционная формула и формула Введенского. Расчет поля при низко расположенных антеннах. Постановка задачи. Структура поля вблизи поверхности Земли. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля. Влияние тропосферы на распространение радиоволн: строение тропосферы. Явление рефракции. Эквивалентный радиус Земли при учете рефракции. Сверхрефракция. Тропосферные волноводы. Рассеяние радиоволн на тропосферных неоднородностях. Дальнее тропосферное распространение. Особенности распространения оптических волн в тропосфере. Влияние ионосферы на распространение радиоволн: строение ионосферы. Физические причины образования в ионосфере ионизированных слоев. Электрические параметры слоев. Критические и максимальные частоты. Влияние магнитного поля Земли на распространение радиоволн в ионосфере. Особенности распространения в ионосфере волн различных диапазонов. Выбор оптимальных рабочих частот. Распространение радиоволн на космических линиях связи: системы спутниковой связи и их качественные показатели. Полосы частот в системах спутниковой радиосвязи. Учет поглощения сигналов в атмосфере. Деполяризация волн в атмосфере. Шумы атмо-сферы, космические шумы и шумы приемных систем. Элементы проектирования систем спутниковой связи. Примеры систем спутниковой связи в России и за рубежом Распространение радиоволн различных диапазонов: влияние электродинамических свойств земных покровов на распространение сверхдлинных, длинных и средних радиоволн. Особенности распространения коротких волн (зона молчания, ночные волны и дневные волны). Особенности распространения ультракоротких волн (радиорелейные линии связи, космическая связь).

3.2 Зачёт

– Тема 1. Элементы векторного анализа 1.1 Величина работы, которую совершает сила на прямолинейном пути , есть: а) вектор; б) скаляр; в) не определена. 1.2 Скалярное произведение двух векторов равно нулю, если вектора: а) коллинеарны; б) ортогональны; в) единичные. 1.3 Векторное произведение двух векторов равно нулю, если вектора: а) компланарны; б) ортогональны; в) единичные. 1.4 Производная от вектора есть: а) отрезок соединяющий концы векторов и ; б) перпендикуляр к векторам и ; в) касательная к линии L описываемой вектором ; 1.5 Если вектор постоянный (не зависит от t), то производная от вектора вида оказывается: а) перпендикулярна вектору ; б) параллельна вектору ; в) в общем случае ответ и не а), и не б). 1.6 Из второго закона Ньютона следует, что: а) работу производит лишь тангенциальная составляющая силы; б) работу производит лишь нормальная составляющая силы; в) обе составляющие силы искривляют траекторию. 1.7 Градиент скалярной функции всегда есть: а) вектор; б) скаляр; в) зависит от выбранной системы координат. 1.8 Дивергенция векторного поля всегда есть: а) вектор; б) скаляр; в) зависит от выбранной системы координат. 1.9 Дивергенция векторного поля это: а) количество силовых линий, начинающихся в бесконечно малом объеме; б) поток поля через поверхность этого объема; в) скорость изменения проекции вектора вдоль соответствующей координаты. 1.10 Ротор векторного поля есть: а) новое векторное поле; б) псевдовектор; в) циркуляция поля по замкнутому контуру. Тема 2. Основные положения теории электромагнетизма

Согласована на портале № 9583

2.1 Векторное поле задано однозначно, если: а) известна ; б) известен ; в) известны и . 2.2 Необходимым и достаточным условием потенциальности поля является: а) ; б) ; в) и . 2.3 Необходимым и достаточным условием соленоидальности поля являются: а) ; б) ; в) и . 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 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. 2.10 В средах, в которых вектора и , либо вектора и являются не коллинеарными, диэлектрическая, либо магнитная проницаемости являются: а) тензорами; б) функциями координат; в) независимыми от координат. Тема 3. 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 ai, 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 и . Из условия следует, что: а) вектора параллельны орту ; б) образуют в пространстве угол ; в) вектор опережает вектор по фазе на четверть периода. 3.5 Вектор Пойнтинга для гармонического процесса имеет вид: , где: а) первое слагаемое есть колеблющаяся часть мощности, а второе – 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 следует, что магнитных зарядов в природе не существует. Однако при расчете, например, антенн вводят сторонний магнитный ток jст с целью: а) придания симметричного вида первого и второго уравнений Максвелла; б) если известно решение для вектора , то автоматическая запись решения для вектора осуществляется путем простой замены а, ; 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 t); б) домножить реальную часть на показательную функцию вида exp(j t); в) поделить на показательную функцию вида exp(j t). 3.9 Действительная часть диэлектрической проницаемости ( ) 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. Тема 4. Плоские электромагнитные волны 4.1 Математической моделью однородной плоской волны является функция: а) A(z, t) = Amcos(ωt – βz); б) A(z, t) = Re{Ame jβzejωt}; в) A(z, t) = Re{ m e jβz}. 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

Согласована на портале № 9583

– βz = const; в) плоскость XOY (волна распространяется вдоль оси z). 4.5 Процесс распространения электромагнитной волны характеризуется коэффициентом распространения γ = α + jβ, 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) Ex 0, Ey = Ez = 0; б) отличная от нуля проекция Ex удовлетворяет уравнению ; в) Ey 0, Ex = Ez = 0 и . 4.7 В однородной плоской волне векторы и : а) перпендикулярны; б) и перпендикулярны оси распространения Z; в) ориентированны произвольно. 4.8 Волна называется правополяризованной, если: а) Ex = Em1cos t; б) Ex = Em1cos t, Ey = Em2sin t; в) Ex = Em1cos t, Ey = Em2sin t. 4.9 Комплексный характер характеристического сопротивления среды означает, что: а) среда с потерями на Джоулево тепло; б) среда с потерями, вектора и колеблются не синфазно; в) имеется сдвиг фаз между векторами и , пропорциональный тангенсу угла диэлектрических потерь. 4.10 Волновой вектор плоской волны образует одинаковый угол θ с положительными направлениями осей x, y, z декартовой системы координат. Каков этот угол? Ответ: а) 300; б) 450; в) 57.740. Тема 5. 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. 5.2 Касательные составляющие векторов напряженности магнитного поля: а) непрерывны; б) претерпевают скачок; в) непрерывны, если проводимость 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.

3.3 Темы опросов на занятиях

– Основные положения электромагнетизма: элек-тромагнитное поле и его математические модели. Плотность тока проводимости. Дифференциальная форма закона Ома. Закон сохранения заряда. Закон Га-усса. Закон неразрывности магнитных силовых линий. Закон полного тока. Ток смещения. Закон электромаг-нитной индукции. Материальные уравнения электро-магнитного поля. Поляризационные и сторонние токи. Уравнения Максвелла: сводка уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в интегральной форме. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Уравнения Максвелла для гармонических колебаний: уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Монохроматические поля. Комплексные амплитуды полей. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических потерь. Энергетические соотношения в электромагнитном поле. Вектор Пойнтинга. Магнитный ток. Принцип перестановочной двойственности. Лемма Лоренца.

– Плоские однородные электромагнитные волны: понятие волнового процесса. Продольные и поперечные волны. Плоские волны и их характеристи-ки. Затухание волн в материальных средах. Коэффици-ент распространения. Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца. Поляризация плоских электромагнитных волн: понятие характеристического сопротивления. Плотность потока мощности в плоской

Согласована на портале № 9583

электромагнит-ной волне. Некоторые частные случаи. Плоские волны с эллиптической поляризацией. Плоские электромаг-нитные волны, распространяющиеся в произвольном направлении. Граничные условия для векторов электро-магнитного поля: постановка задачи. Граничные усло-вия для нормальных составляющих векторов магнитно-го поля. Граничные условия для нормальных состав-ляющих векторов электрического поля. Граничные ус-ловия для касательных составляющих векторов маг-нитного поля. Граничные условия для касательных со-ставляющих векторов электрического поля. Нормальное падение плоских однородных электромагнитных волн на плоскую границу разде-ла сред: нормальное падение плоской электромагнит-ной волны на идеально проводящую плоскость. Нор-мальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство. Нормальное паде-ние плоской электромагнитной волны на диэлектриче-ский слой конечной толщины. К вопросу о создании не отражающих сред. Падение плоских однородных электромаг-нитных волн на плоскую границу раздела сред под произвольным углом: падение плоской электромаг-нитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом. Угол Брюстера.

– Распространение плоских электромагнит-ных волн в средах с частотной дисперсией: волны в диэлектриках и в прово-дящей среде. Плазма и ее электродинамические пара-метры. Распространение электромагнитных волн в плазме. Распространение импульсов в средах с частот-ной дисперсией фазовой скорости. Понятие групповой скорости. Распространение плоских электромагнит-ных волн в анизотропных средах: изотропные и ани-зотропные среды. Физический механизм анизотропии ферритов. Поперечное и продольное распространение электромагнитных волн в намагниченном феррите. Эффекты Коттона – Мутона и Фарадея.

– Общие вопросы распространения радио-волн: классификация радиоволн по диапазону и спосо-бу распространения. Формулы идеальной радиопереда-чи и множитель ослабления. Определение области про-странства, существенной при распространении радио-волн. Распространение земных радиоволн: расчет поля при поднятых антеннах в зоне прямой видимости. Интерференционная формула и формула Введенского. Диаграммы направленности поднятых антенн. Учет сферичности земли при распространении радиоволн в зоне освещенности. Приведенные высоты и их исполь-зование при расчете поля. Расчет поля при низко рас-положенных антеннах. Постановка задачи. Структура поля вблизи поверхности Земли. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля. Влияние тропосферы на распространение радиоволн: строение тропосферы. Её электрические параметры. Распространение волн в неоднородной сре-де. Явление рефракции. Эквивалентный радиус Земли при учете рефракции. Сверхрефракция. Тропосферные волноводы. Рассеяние радиоволн на тропосферных не-однородностях. Дальнее тропосферное распростране-ние. Особенности распространения оптических волн в тропосфере. Влияние ионосферы на распространение ра-диоволн: строение ионосферы. Физические причины образования в ионосфере ионизированных слоев. Элек-трические параметры слоев. Критические и максималь-ные частоты. Влияние магнитного поля Земли на рас-пространение радиоволн в ионосфере. Особенности распространения в ионосфере волн различных диапазо-нов. Выбор оптимальных рабочих частот. Распространение радиоволн на космических линиях связи: системы спутниковой связи и их качест-венные показатели. Полосы частот в системах спутни-ковой радиосвязи. Учет поглощения сигналов в атмо-сфере. Деполяризация волн в атмосфере. Шумы атмосферы, космические шумы и шумы приемных систем. Элементы проектирования систем спутниковой связи. Примеры систем спутниковой связи в России и за рубежом Распространение радиоволн различных диапазонов: влияние электродинамических свойств земных покровов на распространение сверхдлинных, длинных и средних радиоволн. Особенности распространения коротких волн (зона молчания, ночные волны и дневные волны). Особенности распространения ультракоротких волн (радиорелейные линии связи, космическая связь).

3.4 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 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

Согласована на портале № 9583

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. 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 Н10 в прямоугольном волноводе. 28 Принцип перестановочной двойственности. 29 Распределение токов в волне Н10. 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 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. 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 73. Классификация радиоволн по диапазону и способу распространения 74 Классификация радиоволн по диапазону и способу распространения 75 Определение области пространства, существенной при распространении радиоволн. 76 Расчет поля при поднятых антеннах в зоне прямой видимости 77 Интерференционная формула и формула Введенского 78 Диаграммы направленности поднятых антенн. 79 Диаграммы направленности поднятых антенн. 80 Расчет поля при низко расположенных антеннах. 81 Формула Шулейкина - Ван-дер-Поля. 82 Влияние тропосферы на распространение радиоволн: строение тропосферы 83 Влияние тропосферы на распространение радиоволн: строение тропосферы 84 Тропосферные волноводы. Рассеяние радиоволн на тропосферных неоднородностях 85 Дальнее тропосферное распространение. Особенности распространения оптических волн в тропосфере 86 Влияние ионосферы на распространение радиоволн: строение ионосферы. Физические причины образования в ионосфере ионизированных слоев. 87 Влияние магнитного поля Земли на распространение радиоволн в ионосфере 88 Влияние электродинамических свойств земных покровов на распространение сверхдлинных, длинных и средних радиоволн 89 Особенности распространения коротких волн (зона молчания, ночные волны и дневные волны). 90 Особенности распространения ультракоротких волн (радиорелейные линии связи, космическая связь) 91 Особенности распространения ультракоротких волн (радиорелейные линии связи, космическая связь)

3.5 Темы контрольных работ

- 1.Основы теории электромагнетизма и уравнения Максвелла
- 2. Плоские электромагнитные волны, отражение и преломление
- 3.Распространение радиоволн

3.6 Тематика практики

- Основы теории электромагнетизма
- Уравнения Максвелла

Согласована на портале № 9583

– Плоские электромагнитные волны
– Отражение и преломление плоских электромаг-нитных волн
– Распространение земных радиоволн
– Влияние тропосферы и ионосферы на распро-странение радиоволн

3.7 Темы лабораторных работ

– Исследование двухполюсников на СВЧ. Измерение входного сопротивления с по-мощью измерительной линии. Определение комплексного сопротивления в нагрузке по рас-пределению поля в линии

– Измерение параметров четырехполюсников на СВЧ. Параметры четырехполюсников. Ме-тод отношения мощностей. Ослабление атте-нюаторов. Метод замещения

– Исследование параметров СВЧ резонаторов. Резонаторы СВЧ и их основные параметры. Из-мерение добротности по декременту затухания. Резонатор, включенный как оконечная нагрузка. Метод передачи. Автоматизированный метод измерения параметров резонатора

– Исследование параметров ферритовых вен-тилей. Параметры ферритовых вентилей. Вен-тили на эффекте ферромагнитного резонанса. Вентили на эффекте смещения поля. Измерение характеристик

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. 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, свободный.
2. 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, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 558 с. [Электронный ресурс]. - http://www.vixri.ru/?p=3609
2. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика. - М.: Радио и связь. 2002. – 536 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 23 экз.)

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Основы электродинамики и распространение радиоволн: Сборник задач / Корогодов В. С., Козлов В. Г., Шостак А. С. - 2012. 172 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1224, свободный.
2. 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, свободный.
3. Основы электродинамики и распространение радиоволн: Методическое пособие по самостоятельной работе студентов / Шостак А. С. - 2012. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1705, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. 1 Пакеты прикладных программ Microsoft Office 7.0, MathCAD – 13.0, 14.0
2.
3.

Согласована на портале № 9583