МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Балахнинский филиал ННГУ

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«26» июня 2019 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

УСТРОЙСТВА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ И АНТЕННЫ

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Направленность (профиль) образовательной программы
ЭЛЕКТРОРАДИОТЕХНИКА

Квалификация

БАКАЛАВР

Формы обучения
ОЧНО-ЗАОЧНАЯ

Балахна
2019

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Пересмотренная рабочая программа утверждена на заседании учёного совета Балахнинского филиала ННГУ
10 июня 2020 г. Протокол № 6. Председатель учёного совета БФ ННГУ _____А.К. Балдин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры
Прикладной информатики, информационных технологий, радио- и электротехники БФ ННГУ

Протокол от 6 июня 2020 г. № 10
И.о. Зав. кафедрой _____Д.Н. Шуваев

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 2020 г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель ОМК
__ _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры
_____

Протокол от __ _____ 20___ г. № __
Зав. кафедрой _____

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.05.01), ориентирована на подготовку выпускников к решению проектного типа задач профессиональной деятельности и частичное формирование компетенции ПК-1, определяемое индикатором ПК-1.4.

Формирование компетенции ПК-1 начато в ходе освоения дисциплин Общая энергетика (ПК-1.3), Теория колебаний (ПК-1.1, 1.2), Электродинамика и распространение радиоволн (ПК-1.1, 1.2, 1.3), Электромагнитная совместимость (ПК-1.5), Методы анализа, проектирования и моделирования ЭРТ систем (ПК-1.1, 1.2, 1.4) будет продолжено при изучении дисциплин Воздействие радиации и электромагнитных импульсов на электро- и радиотехнические системы (ПК-1.4), Теория автоматического управления (ПК-1.2, 1.3), Устройства сверхвысоких частот и антенны (ПК-1.4), Математическое моделирование и численные методы расчёта электрических сетей (ПК-1.1, 1.2, 1.3), Переходные процессы (ПК-1.5), Теория автоматического управления (ПК-1.3, 1.4) и завершено в ходе выполнения Технологической и Преддипломной практик и подготовки Выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы).

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции**		**Наименование оценочного средства**
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	**Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-1. Способен участвовать в проектировании объектов электротехники и электрорадиотехнических систем	ПК-1.4. Демонстрирует способности в проектировании и реконструкции электрорадиотехнических систем, в компьютерном проектировании и моделировании.	Знает основные технические характеристики антенн радиотехнических систем и комплексов. Владеет методами расчёта основных характеристик антенн радиотехнических систем. Умеет рассчитывать и оценивать основные технические характеристики антенн радиотехнических систем.	Вопросы к экзамену, Вопросы к зачёту, Практические задания, Тестовые задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоёмкость дисциплины

	очно-заочная форма обучения
Общая трудоёмкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану	216
в том числе	

аудиторные занятия (контактная работа): - занятия лекционного типа - занятия семинарского типа - КСР	59 28 28 3
самостоятельная работа	121
Промежуточная аттестация – зачёт, экзамен	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная	Очно-заочная
1. Введение	21	2	2		4	17
2. Основы теории антенн	30	6	6		12	18
3. Методы измерения радиотехнических характеристик антенн	38	6	6		12	26
4. Прямые задачи теории антенн	38	6	6		12	26
5. Синтез антенн в однородных и неоднородных средах	50	8	8		16	34
КСР	3				3	
Промежуточная аттестация – зачёт, экзамен	36					
Итого	216	28	28		59	121

Раздел 1. Введение.

1.1. Краткая историческая справка. Типы антенн, используемых в современных системах радиосвязи. Классификация основных задач теории антенн.

1.2. Принципы классификации антенных устройств. Внешняя и внутренняя задачи в теории антенн.

Раздел 2. Основы теории антенн.

2.1. Уравнения Максвелла. Потенциалы электромагнитного поля. Электромагнитные поля заданных источников. Понятие дальней промежуточной и ближней зон. Электромагнитные поля системы токов в дальней зоне.

2.2. Основные радиотехнические характеристики антенн: диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, коэффициент усиления, эффективная площадь, шумовая температура, сопротивление излучения, полоса частот

2.3. Элементарные излучатели и их основные характеристики: электрический и магнитный диполи Герца, элементарная электрическая рамка, элемент Гюйгенса, элементарный турникетный излучатель.

2.4. Вибраторные антенны. Тонкий электрический вибратор. Постановка задачи и вывод интегрального уравнения Галлена. Приближенные методы решения интегрального уравнения Галлена. Распределение тока и заряда вдоль вибратора. Характеристики симметричного вибратора в режиме излучения (диаграмма направленности, излучаемая мощность, сопротивление излучения, коэффициент направленного действия). Численные методы решения интегрального уравнения Галлена. Электромагнитное поле вблизи вибратора. Метод наводимых ЭДС. Поле излучения пары симметричных вибраторов. Теорема перемножения. Диаграммы направленности систем из двух вибраторов. Собственные и взаимные импедансы вибраторов.

2.5. Линейные излучающие системы. Поле излучения непрерывных и дискретных линейных антенн. Идеальный линейный излучатель. Режимы излучения и основные характеристики (диаграмма направленности, коэффициент направленного действия). Влияние неравномерности амплитудного распределения на характеристики линейного излучателя. Влияние детерминированных фазовых искажений на параметры линейной антенны (линейные, квадратичные и кубичные фазовые искажения). Характеристики направленности равномерной линейной антенной решётки.

2.5. Апертурные антенны. Плоские излучающие раскрывы. Связь диаграммы направленности и распределения поля в раскрыве (апертуре) антенны. Характеристики направленности плоских прямоугольных и круглых синфазных раскрывов. Метод эквивалентного линейного излучателя в анализе характеристик плоского раскрыва. Рупорные антенны. Излучение электромагнитных волн из открытого конца прямоугольного волновода. Электромагнитное поле Е- секториальных, Н-секториальных и пирамидальных рупоров.

2.6. Зеркальные антенны. Основные типы зеркальных антенн. Зеркальные параболические антенны. Основные параметры и типы конструкций. Апертурный и токовый методы расчёта полей зеркальных антенн. Распределение тока на поверхности параболического зеркала. Распределение поля в апертуре зеркальной антенны. Факторы, влияющие на усиление зеркальной антенны.

Раздел 3. Методы измерения радиотехнических характеристик антенн.

3.1. Сравнительный анализ возможностей и областей применения методов измерений в дальней, промежуточной и ближней зонах антенны.

3.2. Методы измерения в дальней зоне. Особенности применения метода вышки. Схемы измерения амплитудных и фазовых диаграмм направленности. Способы измерения коэффициента усиления антенн.

3.3. Радиоастрономические методы антенных измерений. Методики измерений диаграммы направленности по мощности, коэффициента усиления, шумовой температуры. Возможности корреляционного радиоастрономического способа. Радиоголографический метод измерения характеристик зеркальных антенн.

3.4. Методы и схемы измерений в ближней зоне. Основные соотношения, используемые при обработке результатов.

3.5. Специальные методы измерений, направленные на повышение точности определения характеристик антенн.

Раздел 4. Прямые задачи теории антенн.

4.1. Постановка задачи. Расчёт поля антенны по заданной функции амплитудно-фазового распределения по апертуре.

4.2. Ближняя зона, волновая зона и дальняя зона антенны. Диаграмма направленности и связанные с ней интегральные характеристики антенны. Коэффициент направленного действия, эффективная апертура, добротность антенны.

Раздел 5. Синтез антенн в однородных и неоднородных средах.

5.1. Синтез антенн как обратная задача теории антенных систем. Синтез линейного излучателя в однородной среде. Постановка задачи синтеза. Необходимые условия существования решения: математические и физические аспекты.

5.2. Точные методы синтеза антенн: метод парциальных диаграмм, метод интеграла Фурье.

5.3. Приближенные методы синтеза.

5.4. Явление сверхнаправленности. Методы регуляризации сверхнаправленных решений задачи синтеза. Функции двойной ортогональности. Некоторые постановки задач синтеза антенн с оптимальными параметрами.

5.5. Синтез антенн в многомодовых волноводах. Примеры приложений.

5.6. Статистическая теория антенн. Прямые задачи: основные эффекты влияния статистических свойств амплитудно-фазового распределения антенны на характеристики направленности. Обратные задачи: статистический синтез антенн.

Проектирование и реконструкция электрорадиотехнических систем, устройств сверхвысоких частот и антенн.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачёт, экзамен).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Подготовка к практическим и лекционным занятиям. Подготовка к прохождению и прохождение испытаний промежуточной аттестации (зачёт, экзамен).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	**Шкала оценивания сформированности компетенций**						
	плохо	**Неудовлетворительно**	**Удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
	Не зачтено		**Зачтено**				
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объёме, превышающем программу подготовки.
Умения	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающего-	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в пол-	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочётами, выпол-	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме без

	ся от ответа		полном объёме.	ном объёме, но некоторые с недочётами.	недочётами.	нены все задания в полном объёме.	недочётов
Навыки	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочётами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочётами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочётов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочётов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
Не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2.Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1. Вопросы к экзамену

Вопросы	Код формируемой компетенции
1) Ближняя, промежуточная и дальняя зона антенны. Основные свойства поля в дальней зоне.	ПК-1
2) Основные радиотехнические характеристики антенн – диаграмма направленности (ДН, по полю и по мощности), основные параметры ДН, способы представления.	ПК-1
3) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффици-	ПК-1

ент направленного действия (КНД), коэффициент усиления (КУ), коэффициент рассеяния (КР), коэффициент полезного действия (КПД), эффективная площадь раскрыва ($S_{эфф}$), шумовая температура ($T_{ш}$), сопротивление излучения ($R_{изл}$)	
4) Основные характеристики. (ДН, сопротивление излучения, КНД) элементарных излучателей – электрического и магнитного диполей, электрической рамки.	ПК-1
5) Основные характеристик (ДН, сопротивление излучения, КНД) простейших комбинаций элементарных излучателей – однонаправленный излучатель, турникетный излучатель.	ПК-1
6) Тонкий электрический вибратор. Интегральное уравнение Галена и его решение в первом приближении.	ПК-1
7) Характеристики тонкого электрического вибратора - распределение тока и заряда вдоль вибраторных антенн различной длины,	ПК-1
8) Характеристики тонкого электрического вибратора - ДН, КНД, сопротивление излучения симметричных вибраторных антенн различной длины.	ПК-1
9) Численные методы решения уравнения Галена.	ПК-1
10) Поле вблизи поверхности симметричной вибраторной антенны с синусоидальным распределением тока.	ПК-1
11) Способы измерения распределений тока и заряда вдоль вибраторной антенны.	ПК-1
12) Расчет мощности излучения вибраторной антенны методом наводимых ЭДС.	ПК-1
13) Поле в дальней зоне системы из двух вибраторов. Теорема перемножения.	ПК-1
14) ДН системы из двух вибраторных антенн, возможности управления ДН такой системы.	ПК-1
15) Собственные и взаимные импедансы в системе из двух вибраторных антенн, их расчет и применение.	ПК-1
16) Характеристики (ДН, КНД) идеального линейного излучателя при разных режимах излучения.	ПК-1
17) Влияние неравномерности амплитудного распределения и фазовых искажений на характеристики линейной антенны.	ПК-1
18) Характеристики направленности эквидистантной линейной антенной решетки. Способы подавления побочных максимумов ДН.	ПК-1
19) Определение понятия апертуры (раскрыва) антенны. Применение теоремы эквивалентности к расчету излучения апертурных антенн. ДН плоского излучающего раскрыва.	ПК-1
20) Характеристики направленности плоского синфазного раскрыва, возбуждаемого линейно поляризованной волной.	ПК-1
21) Характеристики направленности (ДН, КНД) плоских синфазных раскрывов прямоугольной и круглой формы.	ПК-1
22) Метод эквивалентного линейного излучателя в анализе характеристик плоского раскрыва.	ПК-1
23) Характеристики излучения (ДН, КНД) рупорных антенн различных типов и размеров.	ПК-1
24) Зеркальная параболическая антенна, конструкция и принцип работы. Апертурный и токовый способы расчета характеристик.	ПК-1
25) Основные факторы, влияющие на усиление зеркальной антенны (парциальные КИП).	ПК-1

26) Офсетные зеркальные антенны, их преимущества и недостатки.	ПК-1
27) Сферические зеркальные антенны, конструкция и принцип работы.	ПК-1
28) Основные методы антенных измерений, сравнение их возможностей и областей применения.	ПК-1
29) Основные методы измерения КУ антенн.	ПК-1
30) Радиоастрономический метод антенных измерений (традиционный). Измеряемые характеристики антенн и параметры сигналов радиоисточников.	ПК-1
31) Методики и алгоритмы измерения ДН, КУ и Тш радиоастрономическим способом.	ПК-1
32) Корреляционный радиоастрономический метод антенных измерений. Схема реализации и его основные преимущества.	ПК-1
33) Радиоголографический метод измерения характеристик антенн по сигналам внеземных радиоисточников. Назначение, алгоритм реализации, основные требования к проведению измерений.	ПК-1
34) Методы измерения характеристик антенн в ближней зоне. Измеряемые характеристики, алгоритмы измерений, сравнение различных кинематических схем сканирования.	ПК-1
35) Способы уменьшения влияния переотражений на результаты измерения параметров антенн. Импульсные методы антенных измерений, варианты реализации	ПК-1
36) Постановка прямой задачи теории антенн.	ПК-1
37) Приближенные методы расчёта поля антенны по заданной функции амплитудно-фазового распределения по апертуре (основные уравнения и приближения).	ПК-1
38) Ближняя зона, волновая зона и дальняя зона антенны (определения, оценки, интерпретация).	ПК-1
39) Диаграмма направленности антенны.	ПК-1
40) Интегральные характеристики антенны: коэффициент направленного действия, добротность, эффективная апертура.	ПК-1
41) Постановка обратной задачи теории антенн.	ПК-1
42) Необходимые условия существования точного решения: математические и физические аспекты.	ПК-1
43) Точные методы синтеза линейного излучателя в однородной среде: метод парциальных диаграмм, метод интеграла Фурье, их взаимосвязь.	ПК-1
44) Постановка задачи приближенного синтеза антенн. Критерий качества решения.	ПК-1
45) Метод приближенного синтеза на основе полиномиальной аппроксимации. Физические ограничения на реализуемость приближенного решения.	ПК-1
46) Явление сверхнаправленности: математические и физические аспекты.	ПК-1
47) Метод регуляризации сверхнаправленных решений задачи синтеза. Функции двойной ортогональности.	ПК-1
48) Постановки задач синтеза антенн с оптимальными параметрами.	ПК-1
49) Уравнения синтеза антенн в многомодовых волноводах. Аналогии с задачей синтеза в свободном пространстве.	ПК-1
50) Классификация задач статистической теории антенн. Основные эффекты влияния статистических свойств амплитудно-фазового распределения антенны на характеристики направленности.	ПК-1
51) Постановки обратной задачи статистической теории антенн. Вли-	ПК-1

яние статистических свойств антенны на регуляризацию сверхнаправленных решений задачи синтеза.	
52) Проектирование и реконструкция электрорадиотехнических систем, устройств сверхвысоких частот и антенн.	ПК-1

5.2.2 Вопросы к зачёту

Вопросы	Код формируемой компетенции
1) Ближняя, промежуточная и дальняя зона антенны.	ПК-1
2) Основные свойства поля в дальней зоне.	ПК-1
3) Основные радиотехнические характеристики антенн – диаграмма направленности (ДН, по полю и по мощности), основные параметры ДН, способы представления.	ПК-1
4) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент направленного действия (КНД)	ПК-1
5) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент усиления (КУ)	ПК-1
6) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент рассеяния (КР)	ПК-1
7) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент полезного действия (КПД)	ПК-1
8) Основные радиотехнические характеристики антенн – эффективная площадь раскрыва ($S_{эфф}$)	ПК-1
9) Основные радиотехнические характеристики антенн – шумовая температура ($T_{ш}$)	ПК-1
10) Основные радиотехнические характеристики антенн – сопротивление излучения ($R_{изл}$)	ПК-1
11) Основные характеристики (ДН, сопротивление излучения, КНД) элементарных излучателей – электрического и магнитного диполей, электрической рамки.	ПК-1
12) Основные характеристики (ДН, сопротивление излучения, КНД) простейших комбинаций элементарных излучателей – однонаправленный излучатель, турникетный излучатель.	ПК-1
13) Тонкий электрический вибратор.	ПК-1
14) Интегральное уравнение Галена и его решение в первом приближении.	ПК-1
15) Характеристики тонкого электрического вибратора – распределение тока и заряда вдоль вибраторных антенн различной длины,	ПК-1
16) Характеристики тонкого электрического вибратора – ДН, КНД, сопротивление излучения симметричных вибраторных антенн различной длины.	ПК-1
17) Численные методы решения уравнения Галена.	ПК-1
18) Поле вблизи поверхности симметричной вибраторной антенны с синусоидальным распределением тока.	ПК-1
19) Способы измерения распределений тока и заряда вдоль вибраторной антенны.	ПК-1
20) Расчёт мощности излучения вибраторной антенны методом наводимых ЭДС.	ПК-1
21) Поле в дальней зоне системы из двух вибраторов.	ПК-1

22) Теорема перемножения.	ПК-1
23) ДН системы из двух вибраторных антенн, возможности управления ДН такой системы.	ПК-1
24) Собственные и взаимные импедансы в системе из двух вибраторных антенн, их расчёт и применение.	ПК-1
25) Характеристики (ДН, КНД) идеального линейного излучателя при разных режимах излучения.	ПК-1
26) Влияние неравномерности амплитудного распределения и фазовых искажений на характеристики линейной антенны.	ПК-1
27) Характеристики направленности эквидистантной линейной антенной решетки.	ПК-1
28) Способы подавления побочных максимумов ДН.	ПК-1
29) Понятие апертуры (раскрыва) антенны.	ПК-1
30) Применение теоремы эквивалентности к расчёту излучения апертурных антенн. ДН плоского излучающего раскрыва.	ПК-1
31) Характеристики направленности плоского синфазного раскрыва, возбуждаемого линейно поляризованной волной.	ПК-1
32) Характеристики направленности (ДН, КНД) плоских синфазных раскрывов прямоугольной и круглой формы.	ПК-1
33) Метод эквивалентного линейного излучателя в анализе характеристик плоского раскрыва.	ПК-1
34) Характеристики излучения (ДН, КНД) рупорных антенн различных типов и размеров.	ПК-1
35) Зеркальная параболическая антенна, конструкция и принцип работы.	ПК-1
36) Апертурный и токовый способы расчёта характеристик.	ПК-1
37) Основные факторы, влияющие на усиление зеркальной антенны (парциальные КИП).	ПК-1
38) Офсетные зеркальные антенны, их преимущества и недостатки.	ПК-1
39) Сферические зеркальные антенны, конструкция и принцип работы.	ПК-1
40) Основные методы антенных измерений, сравнение их возможностей и областей применения.	ПК-1
41) Основные методы измерения КУ антенн.	ПК-1
42) Радиоастрономический метод антенных измерений (традиционный).	ПК-1
43) Измеряемые характеристики антенн и параметры сигналов радиоисточников.	ПК-1
44) Методики и алгоритмы измерения ДН, КУ и Тш радиоастрономическим способом.	ПК-1
45) Корреляционный радиоастрономический метод антенных измерений. Схема реализации и его основные преимущества.	ПК-1
46) Радиоголографический метод измерения характеристик антенн по сигналам внеземных радиоисточников. Назначение, алгоритм реализации, основные требования к проведению измерений.	ПК-1
47) Методы измерения характеристик антенн в ближней зоне.	ПК-1
48) Измеряемые характеристики, алгоритмы измерений, сравнение различных кинематических схем сканирования.	ПК-1
49) Способы уменьшения влияния переотражений на результаты измерения параметров антенн.	ПК-1
50) Импульсные методы антенных измерений, варианты реализации	ПК-1
51) Постановка прямой задачи теории антенн.	ПК-1
52) Приближенные методы расчёта поля антенны по заданной функции амплитудно-фазового распределения по апертуре (основные уравнения и приближения).	ПК-1

53) Ближняя зона, волновая зона и дальняя зона антенны (определения, оценки, интерпретация).	ПК-1
54) Диаграмма направленности антенны.	ПК-1
55) Интегральные характеристики антенны: коэффициент направленного действия, добротность, эффективная апертура.	ПК-1
56) Постановка обратной задачи теории антенн.	ПК-1
57) Необходимые условия существования точного решения: математические и физические аспекты.	ПК-1
58) Точные методы синтеза линейного излучателя в однородной среде: метод парциальных диаграмм, метод интеграла Фурье, их взаимосвязь.	ПК-1
59) Постановка задачи приближенного синтеза антенн. Критерий качества решения.	ПК-1
60) Метод приближенного синтеза на основе полиномиальной аппроксимации.	ПК-1
61) Физические ограничения на реализуемость приближенного решения.	ПК-1
62) Явление сверхнаправленности: математические и физические аспекты.	ПК-1
63) Метод регуляризации сверхнаправленных решений задачи синтеза.	ПК-1
64) Функции двойной ортогональности.	ПК-1
65) Постановки задач синтеза антенн с оптимальными параметрами.	ПК-1
66) Уравнения синтеза антенн в многомодовых волноводах.	ПК-1
67) Аналогии с задачей синтеза в свободном пространстве.	ПК-1
68) Классификация задач статистической теории антенн.	ПК-1
69) Основные эффекты влияния статистических свойств амплитудно-фазового распределения антенны на характеристики направленности.	ПК-1
70) Постановки обратной задачи статистической теории антенн.	ПК-1
71) Влияние статистических свойств антенны на регуляризацию сверхнаправленных решений задачи синтеза.	ПК-1
72) Проектирование и реконструкция электрорадиотехнических систем, устройств сверхвысоких частот и антенн.	ПК-1

5.2.3. Практические задания для оценки компетенции ПК-1

1) Постановка прямой задачи теории антенн.
2) Приближенные методы расчета поля антенны по заданной функции амплитудно-фазового распределения по апертуре (основные уравнения и приближения).
3) Ближняя зона, волновая зона и дальняя зона антенны (определения, оценки, интерпретация).
4) Диаграмма направленности антенны.
5) Интегральные характеристики антенны: коэффициент направленного действия, добротность, эффективная апертура.
6) Постановка обратной задачи теории антенн.
7) Необходимые условия существования точного решения: математические и физические аспекты.
8) Точные методы синтеза линейного излучателя в однородной среде: метод парциальных диаграмм, метод интеграла Фурье, их взаимосвязь.
9) Постановка задачи приближенного синтеза антенн. Критерий качества решения.
10) Метод приближенного синтеза на основе полиномиальной аппроксимации. Физические ограничения на реализуемость приближенного решения.
11) Явление сверхнаправленности: математические и физические аспекты.
12) Метод регуляризации сверхнаправленных решений задачи синтеза. Функции двойной ортогональности.
13) Постановки задач синтеза антенн с оптимальными параметрами.
14) Уравнения синтеза антенн в многомодовых волноводах. Аналогии с задачей синтеза в сво-

бодном пространстве.
15) Классификация задач статистической теории антенн. Основные эффекты влияния статистических свойств амплитудно-фазового распределения антенны на характеристики направленности.
16) Постановки обратной задачи статистической теории антенн. Влияние статистических свойств антенны на регуляризацию сверхнаправленных решений задачи синтеза.

5.2.4. Тестовые задания для оценки компетенции ПК-1

В каждом из предлагаемых ниже заданий выберите один (правильный по Вашему мнению) ответ из предлагаемых Вам вариантов:

1) Зависимость поля антенны от угловых координат не изменяется при удалении точки наблюдения от антенны:

a) в ближней зоне,
b) в зоне Френеля,
c) в дальней зоне,
d) везде, на любом расстоянии.

2) Расстояние до границы дальней зона антенны длиной L пропорционально отношению:

a) 1)L^3/λ^2,
b) λ^3/L^2,
c) L^2/λ,
d) λ^2/L, где λ– длина волны.

3) Ширина лепестка диаграммы направленности антенны пропорциональна отношению:

a) L/λ,
b) λ/L,
c) $(L/\lambda)^2$,
d) $(\lambda/L)^2$, где λ– длина волны, L– линейный размер антенны.

4) Максимум излучения элементарного электрического диполя наблюдается в направлении:

a) вдоль оси диполя,
b) 2) поперек оси диполя,
c) 3) под углом 45 градусов к оси диполя
d) 4) в произвольном направлении.

5) Для измерения диаграммы направленности антенны с линейным размером L на длине волны необходимо выбирать источник радиоизлучения с угловыми размерами Δ, удовлетворяющими условию:

a) $\Delta\theta >> \lambda/L$,
b) $\Delta\theta >> L/\lambda$,
c) $\Delta\theta << \lambda/L$,
d) $\Delta\theta << L/\lambda$

6) При смещении облучателя параболической антенны из фокуса в направлении вдоль оси зеркала происходит:

a) отклонение главного максимума диаграммы направленности,
b) увеличение усиления антенны и повышение уровня боковых лепестков,

c) уменьшение усиления антенны и понижение уровня боковых лепестков,
d) уменьшение усиления антенны и повышение уровня боковых лепестков.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Устройства СВЧ и антенны [Электронный ресурс]: учебник / А.А. Филонов, А.Н. Фомин, Д.Д. Дмитриев [и др.]; ред. А.А. Филонов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 492 с. - ISBN 978-5-7638-3107-8 –

Режим доступа: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=505864 [30.09.2019]

2. Панченко Б.А. Антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия - Телеком, 2017. – 122 с. - ISBN 978-5-9912-0445-3 –

Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991204453.html [30.09.2019]

б) дополнительная литература

1. Виноградов А.Ю. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / Под ред. А.М. Сомова. – М.: Горячая линия - Телеком, 2012. – 440 с. - ISBN 978-5-9912-0255-8 –

Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991202558.html [30.09.2019]

в) Программное обеспечение лицензионное и свободно распространяемое

- Операционная система Microsoft Windows
- Пакет прикладных программ Microsoft Office
- Правовая система «Консультант плюс»
- Micro-Cap – SPICE программа для аналогового и цифрового моделирования электрических и электронных цепей с интегрированным визуальным редактором
- KTechLab программа для проектирования и симуляции электрических схем
- Браузер Google Chrome

г) Интернет-ресурсы

- Известия вузов «Радиоэлектроника», https://re.eltech.ru/jour#
- http://электротехнический-портал.рф/kniga.html
- Силовая электроника, http://www.multikonelectronics.com
- Радиотехнический сайт, https://radiotract.ru/link_sprav.html
- ЭБС «Юрайт». Режим доступа: http://biblio-online.ru
- ЭБС «Консультант студента». Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Лань». Режим доступа: http://e.lanbook.com/
- ЭБС «Znanium.com». Режим доступа: www.znanium.com

д) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Радиоэлектроника http://window.edu.ru/catalog/resources?p_str=Радиоэлектроника [26.10.19]

– Список сайтов по радиоэлектронике http://radiostorage.net/page/3-spisok-sajtov-po-radioelektronike.html [26.10.19]

– Банк изобретений, технологий и научных открытий: http://www.ntpo.com [26.10.19]

– Научная электронная библиотека www.elibrary.ru [26.10.19]

– База данных ВИНИТИ РАН http://www.viniti.ru/ [26.10.19]

– База данных рецензируемой литературы Scopus https://www.scopus.com [26.10.19]

– База данных Web of Science https://apps.webofknowledge.com [26.10.19]

– ГАРАНТ. Информационно-правовой-портал http://www.garant.ru/

– Правовая система «Консультант плюс»

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения, используемые при реализации дисциплины, представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий.

Лекционные и практические занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием (мультимедиа-проектор, экран, компьютеры).

Помещения (аудитории) для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключённой к сети «Интернет» и обеспеченной доступом в электронную информационно-образовательную среду вуза.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Автор: к.т.н. Д,Г. Павельев

Рецензент:
д.т.н., начальник отдела АО "Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения им. И. И. Африкантова" В.А. Панов

Программа утверждена на заседании объединённой методической комиссии Института открытого образования и филиалов университета, протокол № 13 от 29.04.2019 г.