

**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
«16» июня 2021 г.
протокол № 8

**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
ОЧНАЯ, ОЧНО-ЗАОЧНАЯ

Балахна
2021

Лист актуализации

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
_____ 2019 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2019-2020 учебном году на заседании кафедры

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

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры

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

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
_____ 20__ г.

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

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

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК
_____ 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2022-2023 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 конструкторского типа задач профессиональной деятельности и частичное формирование компетенции ПКР-6, определяемое индикаторами ПКР-6.1, 6.2.

Формирование компетенции ПКР-6 начато в ходе освоения дисциплин: Аппаратные средства вычислительной техники, Электроника, Источники электропитания радиотехнических систем и электрический привод, Переходные процессы в электрических цепях, будет продолжено при освоении данной дисциплины и завершено в ходе выполнения Преддипломной практики и подготовки Выпускной квалификационной работы - бакалаврской работы.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина <i>Б1.В.ДВ.05.01, Устройства сверхвысоких частот и антенны</i> относится к части ООП направления подготовки 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника, формируемой участниками образовательных отношений.

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	
ПКР-6. Способен участвовать в конструкторских работах при создании объектов профессиональной деятельности.	ПКР-6.1. Использует знания и показывает способности участвовать в проектных работах. ПКР-6.2. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, конструирования и эксплуатации.	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 зачёту, Вопросы к экзамену, Вопросы практических занятий, Тестовые задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоёмкость дисциплины

	Очная форма обучения
--	----------------------

Общая трудоёмкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану	216
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	83
- занятия лекционного типа	48
- занятия семинарского типа	32
- КСР	3
самостоятельная работа	97
Промежуточная аттестация – экзамен, зачёт	36

	Очно-заочная форма обучения
Общая трудоёмкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану	216
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	59
- занятия лекционного типа	28
- занятия семинарского типа	28
- КСР	3
самостоятельная работа	121
Промежуточная аттестация – экзамен, зачёт	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе при очной форме подготовки			
		Контактная работа, часы, из них занятия			Самостоятельная работа, часы
		лекционного типа	семинарского типа	Всего	
1. Введение	6	2	2	4	2
2. Основы теории антенн	36	10	6	16	20
3. Методы измерения радиотехнических характеристик антенн	45	11	7	18	27
4. Прямые задачи теории антенн	45	11	10	21	24
5. Синтез антенн в однородных и неоднородных средах	45	14	7	21	24
КСР	3			3	
Промежуточная аттестация – экзамен, зачёт	36				
Всего	216	48	32	83	97

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе при очно-заочной форме подготовки			
		Контактная работа, часы, из них занятия			Самостоятельная работа, часы
		лекционного типа	семинарского типа	Всего	
1. Введение	6	2	2	4	2
2. Основы теории антенн	36	5	5	10	26

3. Методы измерения радиотехнических характеристик антенн	45	6	6	12	33
4. Прямые задачи теории антенн	45	6	9	15	30
5. Синтез антенн в однородных и неоднородных средах	45	9	6	15	30
КСР	3			3	
Промежуточная аттестация – экзамен, зачёт	36				
Всего	180	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 кубические 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 традиционных формах:

- зачёт и экзамен (очная и очно-заочная формы обучения).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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

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				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полностью знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	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 недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован 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 «хо-

		рошо», 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 зачёту.

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

14) ДН системы из двух вибраторных антенн, возможности управления ДН такой системы.	ПКР-6
15) Собственные и взаимные импедансы в системе из двух вибраторных антенн, их расчет и применение.	ПКР-6
16) Характеристики (ДН, КНД) идеального линейного излучателя при разных режимах излучения.	ПКР-6
17) Влияние неравномерности амплитудного распределения и фазовых искажений на характеристики линейной антенны.	ПКР-6
18) Характеристики направленности эквидистантной линейной антенной решетки. Способы подавления побочных максимумов ДН.	ПКР-6
19) Определение понятия апертуры (раскрыва) антенны. Применение теоремы эквивалентности к расчету излучения апертурных антенн. ДН плоского излучающего раскрыва.	ПКР-6
20) Характеристики направленности плоского синфазного раскрыва, возбуждаемого линейно поляризованной волной.	ПКР-6
21) Характеристики направленности (ДН, КНД) плоских синфазных раскрывов прямоугольной и круглой формы.	ПКР-6
22) Метод эквивалентного линейного излучателя в анализе характеристик плоского раскрыва.	ПКР-6
23) Характеристики излучения (ДН, КНД) рупорных антенн различных типов и размеров.	ПКР-6
24) Зеркальная параболическая антенна, конструкция и принцип работы. Апертурный и токовый способы расчета характеристик.	ПКР-6
25) Основные факторы, влияющие на усиление зеркальной антенны (парциальные КИП).	ПКР-6
26) Оффсетные зеркальные антенны, их преимущества и недостатки.	ПКР-6
27) Сферические зеркальные антенны, конструкция и принцип работы.	ПКР-6
28) Основные методы антенных измерений, сравнение их возможностей и областей применения.	ПКР-6
29) Основные методы измерения КУ антенн.	ПКР-6
30) Радиоастрономический метод антенных измерений (традиционный). Измеряемые характеристики антенн и параметры сигналов радиоисточников.	ПКР-6
31) Методики и алгоритмы измерения ДН, КУ и Тш радиоастрономическим способом.	ПКР-6
32) Корреляционный радиоастрономический метод антенных измерений. Схема реализации и его основные преимущества.	ПКР-6
33) Радиоголографический метод измерения характеристик антенн по сигналам внеземных радиоисточников. Назначение, алгоритм реализации, основные требования к проведению измерений.	ПКР-6
34) Методы измерения характеристик антенн в ближней зоне. Измеряемые характеристики, алгоритмы измерений, сравнение различных кинематических схем сканирования.	ПКР-6
35) Способы уменьшения влияния переотражений на результаты измерения параметров антенн. Импульсные методы антенных измерений, варианты реализации	ПКР-6
36) Постановка прямой задачи теории антенн.	ПКР-6
37) Приближенные методы расчёта поля антенны по заданной функции амплитудно-фазового распределения по апертуре (основные уравнения и приближения).	ПКР-6
38) Ближняя зона, волновая зона и дальняя зона антенны (определе-	ПКР-6

ния, оценки, интерпретация).	
39) Диаграмма направленности антенны.	ПКР-6
40) Интегральные характеристики антенны: коэффициент направленного действия, добротность, эффективная апертура.	ПКР-6
41) Постановка обратной задачи теории антенн.	ПКР-6
42) Необходимые условия существования точного решения: математические и физические аспекты.	ПКР-6
43) Точные методы синтеза линейного излучателя в однородной среде: метод парциальных диаграмм, метод интеграла Фурье, их взаимосвязь.	ПКР-6
44) Постановка задачи приближенного синтеза антенн. Критерий качества решения.	ПКР-6
45) Метод приближенного синтеза на основе полиномиальной аппроксимации. Физические ограничения на реализуемость приближенного решения.	ПКР-6
46) Явление сверхнаправленности: математические и физические аспекты.	ПКР-6
47) Метод регуляризации сверхнаправленных решений задачи синтеза. Функции двойной ортогональности.	ПКР-6
48) Постановки задач синтеза антенн с оптимальными параметрами.	ПКР-6
49) Уравнения синтеза антенн в многомодовых волноводах. Аналогии с задачей синтеза в свободном пространстве.	ПКР-6
50) Классификация задач статистической теории антенн. Основные эффекты влияния статистических свойств амплитудно-фазового распределения антенны на характеристики направленности.	ПКР-6
51) Постановки обратной задачи статистической теории антенн. Влияние статистических свойств антенны на регуляризацию сверхнаправленных решений задачи синтеза.	ПКР-6
52) Проектирование и реконструкция электрорадиотехнических систем, устройств сверхвысоких частот и антенн.	ПКР-6

5.2.2 Вопросы к экзамену

Вопросы	Код формируемой компетенции
1) Ближняя, промежуточная и дальняя зона антенны.	ПКР-6
2) Основные свойства поля в дальней зоне.	ПКР-6
3) Основные радиотехнические характеристики антенн – диаграмма направленности (ДН, по полю и по мощности), основные параметры ДН, способы представления.	ПКР-6
4) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент направленного действия (КНД)	ПКР-6
5) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент усиления (КУ)	ПКР-6
6) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент рассеяния (КР)	ПКР-6
7) Основные радиотехнические характеристики антенн – коэффициент полезного действия (КПД)	ПКР-6
8) Основные радиотехнические характеристики антенн – эффективная площадь раскрытия ($S_{эфф}$)	ПКР-6
9) Основные радиотехнические характеристики антенн – шумовая темпе-	ПКР-6

ратура (T_{III})	
10) Основные радиотехнические характеристики антенн – сопротивление излучения ($R_{изл}$)	ПКР-6
11) Основные характеристики (ДН, сопротивление излучения, КНД) элементарных излучателей – электрического и магнитного диполей, электрической рамки.	ПКР-6
12) Основные характеристики (ДН, сопротивление излучения, КНД) простейших комбинаций элементарных излучателей – однонаправленный излучатель, турникетный излучатель.	ПКР-6
13) Тонкий электрический вибратор.	ПКР-6
14) Интегральное уравнение Галена и его решение в первом приближении.	ПКР-6
15) Характеристики тонкого электрического вибратора – распределение тока и заряда вдоль вибраторных антенн различной длины,	ПКР-6
16) Характеристики тонкого электрического вибратора – ДН, КНД, сопротивление излучения симметричных вибраторных антенн различной длины.	ПКР-6
17) Численные методы решения уравнения Галена.	ПКР-6
18) Поле вблизи поверхности симметричной вибраторной антенны с синусоидальным распределением тока.	ПКР-6
19) Способы измерения распределений тока и заряда вдоль вибраторной антенны.	ПКР-6
20) Расчёт мощности излучения вибраторной антенны методом наводимых ЭДС.	ПКР-6
21) Поле в дальней зоне системы из двух вибраторов.	ПКР-6
22) Теорема перемножения.	ПКР-6
23) ДН системы из двух вибраторных антенн, возможности управления ДН такой системы.	ПКР-6
24) Собственные и взаимные импедансы в системе из двух вибраторных антенн, их расчёт и применение.	ПКР-6
25) Характеристики (ДН, КНД) идеального линейного излучателя при разных режимах излучения.	ПКР-6
26) Влияние неравномерности амплитудного распределения и фазовых искажений на характеристики линейной антенны.	ПКР-6
27) Характеристики направленности эквидистантной линейной антенной решетки.	ПКР-6
28) Способы подавления побочных максимумов ДН.	ПКР-6
29) Понятие апертуры (раскрыва) антенны.	ПКР-6
30) Применение теоремы эквивалентности к расчёту излучения апертурных антенн. ДН плоского излучающего раскрыва.	ПКР-6
31) Характеристики направленности плоского синфазного раскрыва, возбуждаемого линейно поляризованной волной.	ПКР-6
32) Характеристики направленности (ДН, КНД) плоских синфазных раскрывов прямоугольной и круглой формы.	ПКР-6
33) Метод эквивалентного линейного излучателя в анализе характеристик плоского раскрыва.	ПКР-6
34) Характеристики излучения (ДН, КНД) рупорных антенн различных типов и размеров.	ПКР-6
35) Зеркальная параболическая антенна, конструкция и принцип работы.	ПКР-6
36) Апертурный и токовый способы расчёта характеристик.	ПКР-6
37) Основные факторы, влияющие на усиление зеркальной антенны (пар-	ПКР-6

циальные КИП).	
38) Оффсетные зеркальные антенны, их преимущества и недостатки.	ПКР-6
39) Сферические зеркальные антенны, конструкция и принцип работы.	ПКР-6
40) Основные методы антенных измерений, сравнение их возможностей и областей применения.	ПКР-6
41) Основные методы измерения КУ антенн.	ПКР-6
42) Радиоастрономический метод антенных измерений (традиционный).	ПКР-6
43) Измеряемые характеристики антенн и параметры сигналов радиоисточников.	ПКР-6
44) Методики и алгоритмы измерения ДН, КУ и Тш радиоастрономическим способом.	ПКР-6
45) Корреляционный радиоастрономический метод антенных измерений. Схема реализации и его основные преимущества.	ПКР-6
46) Радиоголографический метод измерения характеристик антенн по сигналам внеземных радиоисточников. Назначение, алгоритм реализации, основные требования к проведению измерений.	ПКР-6
47) Методы измерения характеристик антенн в ближней зоне.	ПКР-6
48) Измеряемые характеристики, алгоритмы измерений, сравнение различных кинематических схем сканирования.	ПКР-6
49) Способы уменьшения влияния переотражений на результаты измерения параметров антенн.	ПКР-6
50) Импульсные методы антенных измерений, варианты реализации	ПКР-6
51) Постановка прямой задачи теории антенн.	ПКР-6
52) Приближенные методы расчёта поля антенны по заданной функции амплитудно-фазового распределения по апертуре (основные уравнения и приближения).	ПКР-6
53) Ближняя зона, волновая зона и дальняя зона антенны (определения, оценки, интерпретация).	ПКР-6
54) Диаграмма направленности антенны.	ПКР-6
55) Интегральные характеристики антенны: коэффициент направленного действия, добротность, эффективная апертура.	ПКР-6
56) Постановка обратной задачи теории антенн.	ПКР-6
57) Необходимые условия существования точного решения: математические и физические аспекты.	ПКР-6
58) Точные методы синтеза линейного излучателя в однородной среде: метод парциальных диаграмм, метод интеграла Фурье, их взаимосвязь.	ПКР-6
59) Постановка задачи приближенного синтеза антенн. Критерий качества решения.	ПКР-6
60) Метод приближенного синтеза на основе полиномиальной аппроксимации.	ПКР-6
61) Физические ограничения на реализуемость приближенного решения.	ПКР-6
62) Явление сверхнаправленности: математические и физические аспекты.	ПКР-6
63) Метод регуляризации сверхнаправленных решений задачи синтеза.	ПКР-6
64) Функции двойной ортогональности.	ПКР-6
65) Постановки задач синтеза антенн с оптимальными параметрами.	ПКР-6
66) Уравнения синтеза антенн в многомодовых волноводах.	ПКР-6
67) Аналогии с задачей синтеза в свободном пространстве.	ПКР-6
68) Классификация задач статистической теории антенн.	ПКР-6
69) Основные эффекты влияния статистических свойств амплитудно-фазового распределения антенны на характеристики направленности.	ПКР-6
70) Постановки обратной задачи статистической теории антенн.	ПКР-6
71) Влияние статистических свойств антенны на регуляризацию сверх-	ПКР-6

направленных решений задачи синтеза.	
72) Проектирование и реконструкция электрорадиотехнических систем, устройств сверхвысоких частот и антенн.	ПКР-6

5.2.3. Вопросы практических занятий.

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 свободном 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

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) $1/L^3\lambda^2$,
 - 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 λ необходимо выбирать источник радиоизлучения с угловыми размерами $\Delta\theta$, удовлетворяющими условию:

- a) $\Delta\theta \gg \lambda/L$,
- b) $\Delta\theta \gg L/\lambda$,
- c) $\Delta\theta < \lambda/L$,
- d) $\Delta\theta \ll L/\lambda$

б) 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.пф/kniga.html>
- Силовая электроника, <http://www.multikonelectronics.com>
- Радиотехнический сайт, https://radiotract.ru/link_sprav.html

д) профессиональные базы данных

- 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 ВИНТИ 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]

е) информационные справочные системы

- 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 ОС ННГУ
по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Автор:

к.т.н. Д.Г. Павельев

Заведующий кафедрой _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии Балахнинского филиала
от «3» июня 2021 года, протокол № 6.