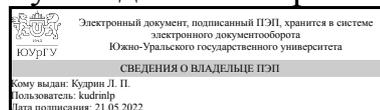


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



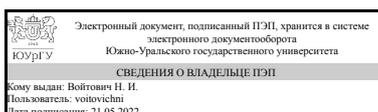
Л. П. Кудрин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.05 Проектирование микроволновых устройств
для направления 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Конструирование и производство радиоаппаратуры

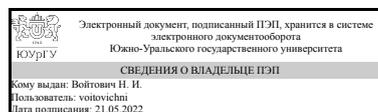
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 928

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



Н. И. Войтович

Разработчик программы,
д.техн.н., проф., заведующий
кафедрой



Н. И. Войтович

1. Цели и задачи дисциплины

Формирование и развитие знаний у подготавливаемых специалистов в области проектирования устройств СВЧ и антенн с использованием современных методов математического моделирования, средств измерений и систем автоматизированного проектирования. Основные задачи: – изучение основных физических принципов функционирования устройств СВЧ (включая микроэлектронные устройства СВЧ) и антенн различных классов и областей применения; – изучение основных методов анализа и расчета устройств СВЧ и антенн различных частотных диапазонов; – приобретение навыков экспериментального исследования и анализа параметров антенных систем и трактов СВЧ; – изучение методов расчета параметров антенн по результатам обработки экспериментальных исследований с применением ЭВМ.

Краткое содержание дисциплины

Дисциплина «Проектирование микроволновых устройств» включает в себя следующие основные разделы: режимы работы и согласование линий передачи СВЧ диапазона, многополюсники СВЧ, основные базовые элементы РЭС СВЧ диапазона, характеристики антенн, антенны в режиме приема-передачи, линейные антенны и антенные решетки, апертурные антенны, фазированные антенные решетки, методы измерений антенн и устройств СВЧ.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Знает: линии передачи СВЧ диапазона. Особенности конструкций элементов и узлов трактов СВЧ. Основные характеристики антенн. Вибраторные и щелевые антенны. Линейные антенны и решетки. Излучающие раскрывы и решетки. Умеет: использовать профессионально ориентированные системы автоматизированного проектирования для исследования базовых математических моделей СВЧ устройств и антенн Имеет практический опыт: анализа и проектирования математических моделей радиоэлектронных средств СВЧ диапазона различного назначения и областей применения; использования систем автоматизированного проектирования антенн и устройств СВЧ
ПК-5 Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения	Знает: методы экспериментального исследования антенн и устройств СВЧ; методы расчета и обработки результатов экспериментальных исследований с применением ЭВМ Умеет: осуществлять расчеты основных характеристик волноводных трактов, резонаторов и антенн; проводить моделирование, теоретическое и экспериментальное

	<p>исследование вновь разрабатываемых узлов и устройств, используя современные методы анализа и синтеза; выполнять настройку и проверять правильность функционирования макетов и опытных образцов радиоэлектронных устройств с использованием соответствующей измерительной аппаратуры и средств автоматизации экспериментальных исследований, обеспечивать и документально подтверждать соответствие характеристик макета и опытного образца требованиям технического задания; соблюдать при проектировании требования стандартизации и метрологического обеспечения;</p> <p>Имеет практический опыт: владения методами анализа и расчета устройств СВЧ и антенн различных частотных диапазонов; навыками экспериментального исследования и анализа параметров антенных систем и трактов СВЧ; методами расчета параметров антенн по результатам обработки экспериментальных исследований с применением ЭВМ.</p>
--	--

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	69,5	69,5	

с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Подготовка к практическим занятиям	9,5	9.5
Изучение дополнительных разделов дисциплины	30	30
Подготовка к экзамену	10	10
Подготовка отчетов по лабораторным работам	20	20
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение, терминология дисциплины, основные понятия и определения	2	2	0	0
2	Элементная база техники СВЧ	4	2	2	0
3	Пассивные устройства СВЧ	9	4	3	2
4	Невзаимные устройства СВЧ	9	4	3	2
5	Основные характеристики антенн	4	4	0	0
6	Вибраторные и щелевые антенны	9	4	3	2
7	Линейные антенны и решетки	11	4	3	4
8	Излучающие раскрыты и решетки, основные классы апертурных антенн	10	4	2	4
9	Методы измерений характеристик устройств СВЧ и антенн	6	4	0	2

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Особенности СВЧ и оптического диапазонов радиоволн. Особенности приборов и устройств СВЧ диапазона и их классификация.	2
2	2	Линии передачи в радиосистемах и устройствах. Основные параметры линий передачи. Основные типы линий передачи. Математическая модель регулярной линии передачи.	1
3	2	Сочленение отрезков линий передачи. Возбуждение электромагнитных волн в линиях передачи. Устройства, предназначенные для управления передаваемой мощностью. Фазовращатели. Поляризационные устройства.	1
4	3	Направленные ответвители на связанных линиях передачи. Мостовые схемы СВЧ. Применение направленных ответвителей и мостов.	2
5	3	Широкополосное согласование нагрузок. Переходы для широкополосного согласования активных нагрузок. Чебышевская и максимально плоская частотная характеристики. Плавный экспоненциальный переход.	2
6	4	Невзаимные устройства СВЧ. Область применения невзаимных устройств. Свойства ферритов в диапазоне СВЧ.	2
7	4	Распространение электромагнитных волн в неограниченной ферритовой среде. Ферритовые вентили. Ферритовые фазовращатели. Циркуляторы.	2
8	5	Основные характеристики антенн. Назначение и классификация антенн. Структурная схема антенны. Расчет полей излучающей системы (ИС) в	2

		дальней, промежуточной и ближней зонах. Векторная комплексная диаграмма направленности антенн. Коэффициент направленного действия (КНД), ширина луча и уровень боковых лепестков (УБЛ). Зависимость КНД от ширины луча и УБЛ. Рабочая полоса частот и предельная мощность антенны.	
9	5	Передающая антенна как четырехполюсник. Антенны в режиме радиоприема. Эквивалентная схема приемной антенны. Принцип взаимности. Поляризационные соотношения при радиоприеме. Мощность в нагрузке приемной антенны. Эффективная поверхность. Шумовая температура приемной антенны.	2
10	6	Вибраторные и щелевые антенны. Электрический вибратор. Распределение тока и заряда. Диаграмма направленности, сопротивление излучения и КНД вибратора. Диаграмма направленности симметричного тонкого вибратора. Входное сопротивление и сопротивление излучения вибратора. Действующая длина и КНД вибратора. Поле излучения системы одинаковых вибраторов. Теорема перемножения. Взаимное влияние линейных вибраторов.	2
11	6	Метод наводимых ЭДС. Конструкции вибраторных и щелевых антенн. Согласование и симметрирование. Симметричный магнитный вибратор. Щелевые антенны в плоском бесконечном экране.	2
12	7	Линейные антенны и решетки. Линейные излучающие системы. Идеальный линейный излучатель. Множитель направленности и КНД идеального линейного излучателя. Влияние амплитудно- фазового распределения на параметры линейной антенны.	2
13	7	Линейная антенная решетка (ЛАР). Анализ множителя направленности равномерной ЛАР. Способы подавления побочных главных максимумов. КНД ЛАР. Входная мощность и коэффициент усиления ЛАР. Антенны бегущей волны. Волноводно-щелевые антенные решетки	2
14	8	Излучающие раскрыты и решетки. О применении теоремы эквивалентности к расчету антенн с плоским раскрытием. КНД и эффективная поверхность плоско-го синфазного раскрытия. Множитель направленности плоского прямоугольного и круглого раскрытия. Метод эквивалентного линейного излучателя. Сканирование луча в плоском раскрытии. Плоские ФАР. Размещение излучателей по раскрытию и условия отсутствия побочных главных максимумов. Дискретное фазирование сканирующих антенных решеток. Связь характеристики направленности одного излучателя решетки с рассогласованием входов элементов при сканировании.	2
15	8	Апертурные антенны. Рупорные антенны. Линзовые антенны. Зеркальные параболические антенны. Облучатели зеркальных антенн	1
16	8	Антенные решетки. Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток. Фазированные антенные решетки (ФАР). Управление фазированием сканирующих антенных решеток. Плоские ФАР. Размещение излучателей по раскрытию и условия отсутствия побочных главных лепестков. Выбор шага решетки с направленными элементами. Многолучевые антенные решетки. Диаграммообразующие схемы. Матрицы Батлера и Бласса. Антенные решетки с частотным сканированием.	1
17	9	Методы измерения характеристик устройств СВЧ и антенн. Измерительное оборудование диапазона СВЧ. Измерение элементов матрицы рассеяния многополюсников СВЧ. Рефлектометры, панорамные измерители.	2
18	9	Особенности измерения ДН протяженных антенн, измерения в ближней зоне. Измерение КНД и коэффициента усиления антенн.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№	№	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-
---	---	---	------

занятия	раздела		во часов
1	2	Режимы линий передачи, узкополосное согласование линий передачи с помощью четвертьволнового трансформатора и параллельной проводимости	2
2	3	Многополюсники СВЧ. Матричное описание многополюсников, связь между матрицами	3
3	4	Фильтры СВЧ и широкополосные согласующие устройства. Максимально плоские и чебышевские частотные характеристики	3
4	6	Согласование и симметрирование вибраторных антенн. Связанные вибраторы	3
5	7	Линейные антенные решетки. Влияние амплитудно-фазового распределения на множитель направленности	3
6	8	Основные классы апертурных антенн. Принципы проектирования плоских фазированных антенных решеток	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	3	Исследование частотных характеристик гибридных соединений и многополюсников СВЧ	2
2	4	Исследование частотных характеристик полосно-пропускающих фильтров с максимально-плоской и чебышевской характеристикой. Сплиттеры СВЧ	2
3	6	Связанные вибраторы	2
4	7	Исследование поляризационных характеристик антенн СВЧ	4
5	8	Исследование характеристик зеркальных параболических антенн	4
6	9	Исследование волноводных неоднородностей	2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к практическим занятиям	lib.susu.ru	6	9,5
Изучение дополнительных разделов дисциплины	lib.susu.ru	6	30
Подготовка к экзамену	lib.susu.ru	6	10
Подготовка отчетов по лабораторным работам	lib.susu.ru	6	20

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	6	Текущий контроль	КМ1	1	15	Максимальный балл начисляется за сданный без замечаний отчет в установленные сроки, указанные в личном кабинете студента; за опоздание на 7 дней начисляется 12 баллов; 14 дней - 9 баллов; после 15 дней отчет не принимается, начисляется 0 баллов. Для допуска к экзамену отчет без начисленных баллов обязательно должен быть предоставлен не позднее 7 дней до экзамена.	экзамен
2	6	Текущий контроль	КМ2	1	15	Максимальный балл начисляется за сданный без замечаний отчет в установленные сроки, указанные в личном кабинете студента; за опоздание на 7 дней начисляется 12 баллов; 14 дней - 9 баллов; после 15 дней отчет не принимается, начисляется 0 баллов. Для допуска к экзамену отчет без начисленных баллов обязательно должен быть предоставлен не позднее 7 дней до экзамена.	экзамен
3	6	Текущий контроль	КМ3	1	15	Максимальный балл начисляется за сданный без замечаний отчет в установленные сроки, указанные в личном кабинете студента; за опоздание на 7 дней начисляется 12 баллов; 14 дней - 9 баллов; после 15 дней отчет не принимается, начисляется 0 баллов. Для допуска к экзамену отчет без начисленных баллов обязательно должен быть предоставлен не позднее 7 дней до экзамена.	экзамен
4	6	Текущий контроль	КМ4	1	15	Максимальный балл начисляется за сданный без замечаний отчет в установленные сроки, указанные в личном кабинете студента; за опоздание на 7 дней начисляется 12 баллов; 14 дней - 9 баллов; после 15 дней отчет не принимается, начисляется 0 баллов. Для допуска к экзамену отчет без начисленных баллов обязательно должен быть предоставлен не позднее 7 дней до экзамена.	экзамен
5	6	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	5	За полное выполнение задания	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Не предусмотрены

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-1	Знает: линии передачи СВЧ диапазона. Особенности конструкций элементов и узлов трактов СВЧ. Основные характеристики антенн. Вибраторные и щелевые антенны. Линейные антенны и решетки. Излучающие раскрывы и решетки.	+	+	+	+	+
ПК-1	Умеет: использовать профессионально ориентированные системы автоматизированного проектирования для исследования базовых математических моделей СВЧ устройств и антенн	+	+	+	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: анализа и проектирования математических моделей радиоэлектронных средств СВЧ диапазона различного назначения и областей применения; использования систем автоматизированного проектирования антенн и устройств СВЧ	+	+	+	+	+
ПК-5	Знает: методы экспериментального исследования антенн и устройств СВЧ; методы расчета и обработки результатов экспериментальных исследований с применением ЭВМ	+	+	+	+	+
ПК-5	Умеет: осуществлять расчеты основных характеристик волноводных трактов, резонаторов и антенн; проводить моделирование, теоретическое и экспериментальное исследование вновь разрабатываемых узлов и устройств, используя современные методы анализа и синтеза; выполнять настройку и проверять правильность функционирования макетов и опытных образцов радиоэлектронных устройств с использованием соответствующей измерительной аппаратуры и средств автоматизации экспериментальных исследований, обеспечивать и документально подтверждать соответствие характеристик макета и опытного образца требованиям технического задания; соблюдать при проектировании требования стандартизации и метрологического обеспечения;	+	+	+	+	+
ПК-5	Имеет практический опыт: владения методами анализа и расчета устройств СВЧ и антенн различных частотных диапазонов; навыками экспериментального исследования и анализа параметров антенных систем и трактов СВЧ; методами расчета параметров антенн по результатам обработки экспериментальных исследований с применением ЭВМ.	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Сазонов, Д. М. Антенны и устройства СВЧ [Текст] учеб. для вузов по спец. "Радиотехника" Д. М. Сазонов. - М.: Высшая школа, 1988. - 432 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Вольман, В. И. Техническая электродинамика Учеб. для электротехн. ин-тов связи Под ред. Г. З. Айзенберга. - М.: Связь, 1971. - 487 с. ил.
2. Нефедов, Е. И. Техническая электродинамика [Текст] учеб. пособие для вузов Е. И. Нефедов. - М.: Академия, 2008. - 409, [1] с. ил. 22 см.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Гошин, Г.Г. Устройства СВЧ и антенны. Часть 2. Антенны. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2012. — 159 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4952> — Загл. с экрана.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Гошин, Г.Г. Устройства СВЧ и антенны. Часть 2. Антенны. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2012. — 159 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4952> — Загл. с экрана.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гошин, Г.Г. Устройства СВЧ и антенны. Часть 2. Антенны. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2012. — 159 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4952 — Загл. с экрана.
2	Методические пособия для преподавателя	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гошин, Г.Г. Устройства СВЧ и антенны. Часть 2. Антенны. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2012. — 159 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4952 — Загл. с экрана.

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено