ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Высшая школа электроники и компьютерных наук

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Голлай А. В.
Пользователь: gollaiav
Дата подписания: 17.01.2022

А. В. Голлай

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П1.07.02 Электродинамические устройства телекоммуникационных систем
для направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Системы мобильной связи
форма обучения очная
кафедра-разработчик Конструирование и производство радиоаппаратуры

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 930

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

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Войтович Н. И.
Пользователь: voitovichni
Дата подписания: 17.01.2022

Н. И. Войтович

Разработчик программы,
к.физ.-мат.н., доц., доцент

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Хашимов А. Б.
Пользователь: khashimovab
Дата подписания: 14.01.2022

А. Б. Хашимов

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной программы

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Прокопов И. И.
Пользователь: prokopovii
Дата подписания: 17.01.2022

И. И. Прокопов

Челябинск

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 «Устройства сверхвысокой частоты (СВЧ) и антенны» 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-6 Способен осуществлять монтаж, настройку , регулировку тестирование оборудования, отработку режимов работы, контроль проектных параметров работы и испытания оборудования связи обеспечение соответствия технических параметров инфокоммуникационных систем и /или их составляющих , установленным эксплуатационно-техническим нормам	Знает: действующие отраслевые нормативы, определяющие требования к параметрам работы оборудования электродинамических устройств телекоммуникационных систем Умеет: вести техническую, оперативно-техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществлять проверку качества работы оборудования электродинамических устройств телекоммуникационных систем Имеет практический опыт: тестирования оборудования электродинамических устройств телекоммуникационных систем и отработки режимов работы оборудования электро-динамических устройств телекоммуникационных систем; выбора и использования соответствующего тестового и измерительного оборудования электро-динамических устройств телекоммуникационных систем, использования программного обеспечения оборудования электродинамических устройств телекоммуникационных систем при его настройке

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Цифровая обработка сигналов	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Цифровая обработка сигналов	Знает: действующие отраслевые нормативы, определяющие требования кпараметрам работы оборудования, каналов и трактов; методики проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи; , устройство, комплектность и состав радиоэлектронных систем и комплексов; методы математического описания цифровых фильтров в виде структуры; методы математического описания дискретных сигналов с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ). Умеет: вести техническую, оперативно-техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществлять проверку качества работы оборудования и средств связи, обосновать выбор типа цифрового фильтра, КИХ и БИХ (с конечной импульснойхарактеристикой или бесконечной импульсной характеристикой); синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования. Имеет практический опыт: тестирования оборудования и отработки режимов работы оборудования; выбора и использования соответствующего тестового и измерительного оборудования, использования программного обеспечения оборудования при его настройке, Владения навыками планирования порядка и последовательности проведения работ по обеспечению эксплуатации радиоэлектронного оборудования, навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов; навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 82,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего	Распределение по семестрам

	часов	в часах
		Номер семестра
		8
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия:	72	72
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
Самостоятельная работа (СРС)	61,5	61,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Подготовка отчетов по лабораторным работам	18	18
Изучение дополнительных разделов дисциплины	14,5	14.5
Подготовка к практическим занятиям	15	15
Подготовка к экзамену	14	14
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	Линии передачи СВЧ диапазона. Особенности конструкций элементов и узлов трактов СВЧ	8	4	4	0
3	Многополюсники СВЧ. Гибридные СВЧ соединения	9	5	2	2
4	Фильтры и согласующие устройства СВЧ	10	4	4	2
5	Основные характеристики антенн	4	4	0	0
6	Вибраторные и щелевые антенны	10	4	4	2
7	Линейные антенны и решетки	10	4	4	2
8	Излучающие раскрывы и решетки, основные классы апертурных антенн	12	6	4	2
9	Методы измерений характеристик устройств СВЧ и антенн	7	3	2	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	Нормированные напряжения волн, полные нормированные напряжения и токи в линиях передачи. Основные режимы работы линий передачи и их влияние на коэффициент полезного действия и пропускаемую мощность. Трансформация сопротивлений в линиях передачи. Круговая диаграмма	3

		полных сопротивлений и проводимостей (номограмма Вольперта-Смита). Узкополосное согласование в линиях передачи.	
4	3	Многополюсники СВЧ. Основные определения. Описание неоднородностей линии передачи матрицами проводимостей и сопротивлений (иммитансные матрицы). Матрица проводимостей двухпроводной линии. Волновые матрицы рассеяния. Соотношения между матрицами многополюсника. Взаимные и недиссипативные многополюсники. Условие взаимности.	2
5	3	Матрицы рассеяния симметричных многополюсников. Матрицы симметрии. Направленные ответвители. Типы, основные параметры НО. Анализ НО. Составные многополюсные устройства СВЧ. Метод симметричного и антисимметричного возбуждения. Волноводно-щелевой мост. Гибридное кольцо. Шлейфный мост. Классическая и волновая матрицы передачи. Каскадное соединение четырехполюсников. Матрица рассеяния каскадного соединенных многополюсников.	3
6	4	Фильтры и согласующие устройства СВЧ. Прототипы фильтров с оптимальными частотными характеристиками. Замены частотной переменной при расчетах фильтров. Применение отрезков линий передачи в фильтрах СВЧ. Резонатор на отражающих препятствиях в линии передачи. Фильтры СВЧ с непосредственными связями соседних резонаторов. Фильтры на диэлектрических резонаторах	3
7	4	Широкополосное согласование нагрузок. Переходы для широкополосного согласования активных нагрузок. Чебышевская и максимально плоская частотная характеристики. Плавный экспоненциальный переход.	1
8	5	Основные характеристики антенн. Назначение и классификация антенн. Структурная схема антенны. Расчет полей излучающей системы (ИС) в 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.	2
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.	1
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.	3
14	8	Излучающие раскрывы и решетки. О применении теоремы эквивалентности к расчету антенн с плоским раскрывом. КНД и эффективная поверхность	2

		плоско-го синфазного раскрыва. Множитель направленности плоского прямоугольного и круглого раскрывов. Метод эквивалентного линейного излучателя. Сканирование луча в плоском раскрыве. Плоские ФАР. Размещение излучателей по раскрыву и условия отсутствия побочных главных максимумов. Дискретное фазирование сканирующих антенных решеток. Связь характеристики направленности одного излучателя решетки с рассогласованием входов элементов при сканировании.	
15	8	Апертурные антенны. Рупорные антенны. Линзовые антенны. Зеркальные параболические антенны. Облучатели зеркальных антенн.	2
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 раскрыву и условия отсутсвия побочных главных лепестков. Выбор шага решетки с направленными элементами. Многолучевые антенные решетки. Диаграммообразующие схемы. Матрицы Батлера и Бласса. Антенные решетки с частотным сканированием.	2
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.	1

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Режимы линий передачи, узкополосное согласование линий передачи с помощью четвертьволнового трансформатора и параллельной проводимости	4
2	3	Многополюсники СВЧ. Матричное описание многополюсников, связь между матрицами	2
3	4	Фильтры СВЧ и широкополосные согласующие устройства. Максимально плоские и чебышевские частотные характеристики	4
4	6	Согласование и симметрирование вибраторных антенн. Связанные вибраторы	4
5	7	Линейные антенные решетки. Влияние амплитудно-фазового распределения на множитель направленности	4
6	8	Основные классы апертурных антенн. Принципы проектирования плоских фазированных антенных решеток	4
7	9	Принципы построения измерительных комплексов устройств СВЧ и антенн	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	2
5	8	Исследование характеристик зеркальных параболических антенн	2

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 отчетов по лабораторным работам		8	18
Изучение дополнительных разделов дисциплины	1,2	8	14,5
Подготовка к практическим занятиям	1, 2	8	15
Подготовка к экзамену		8	14

6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

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	Учи-тыва-ется в ПА
1	8	Текущий контроль	Практическая работа 1	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	8	Текущий контроль	Практическая работа 2	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	8	Текущий контроль	Практическая работа 3	1	15	Максимальный балл начисляется за сданный без замечаний отчет в установленные сроки, указанные в личном кабинете студента;	экзамен

						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.	
4	8	Текущий контроль	Практическая работа 4	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	8	Проме-жуточная аттестация	Итоговый экзамен по дисциплине	-	40	Максимальное количество баллов, которое может получить студент, выполнивший в указанные сроки мероприятия текущего контроля, равно 60. После проверки отчетов по практическим работам преподавателем могут быть начислены дополнительные (бонусные) баллы, но не более 10 за одну работу. Дополнительные баллы могут быть начислены за другие достижения студента: участие в научно-технических конференциях; подготовка и публикация статьи в индексируемых изданиях; участие в конкурсах и другое. Студент, которому начислено более 85 баллов, может претендовать на оценку "отлично"; более 70 баллов - "хорошо"; более 60 баллов - "удовлетворительно"; 60 и менее баллов -"неудовлетворительно". В случае несогласия студента с оценкой БРС, назначается экзамен (очный или ДОТ) по всем разделам изучаемой дисциплины.	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Максимальное количество баллов, которое может получить студент, выполнивший в указанные сроки мероприятия текущего контроля, равно 60. После проверки отчетов по практическим работам преподавателем могут быть начислены дополнительные (бонусные) баллы, но не более 10 за одну работу. Дополнительные баллы могут быть начислены за другие достижения студента: участие в научно-технических конференциях; подготовка и публикация статьи в индексируемых изданиях; участие в конкурсах и другое.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	Студент, которому начислено более 85 баллов, может претендовать на оценку "отлично"; более 70 баллов - "хорошо"; более 60 баллов - "удовлетворительно"; 60 и менее баллов - "неудовлетворительно". В случае несогласия студента с оценкой БРС, назначается экзамен (очный или ДОТ) по всем разделам изучаемой дисциплины.	

6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-6	Знает: действующие отраслевые нормативы, определяющие требования к параметрам работы оборудования электродинамических устройств телекоммуникационных систем	+	+	+	+	+
ПК-6	Умеет: вести техническую, оперативно-техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществлять проверку качества работы оборудования электродинамических устройств телекоммуникационных систем	+	+	+	+	+
ПК-6	Имеет практический опыт: тестирования оборудования электродинамических устройств телекоммуникационных систем и отработки режимов работы оборудования электро-динамических устройств телекоммуникационных систем; выбора и использования соответствующего тестового и измерительного оборудования электро-динамических устройств телекоммуникационных систем, использования программного обеспечения оборудования электродинамических устройств телекоммуникационных систем при его настройке	+	+	+	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному 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 Учеб. для вузов по спец."Радиотехника". - М.: Высшая школа, 1988. - 432 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. 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:

1. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. - Вестник Южно-Уральского государственного университета
2. Антенны. - Издательство "Радиотехника"

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны. [Электронный ресурс] / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2012. — 440 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5201 — Загл. с экрана.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шостак, А.С. Антенны и устройства СВЧ. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2012. — 61 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/10911 — Загл. с экрана.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шостак, А.С. Антенны и устройства СВЧ. Часть 1. Устройства СВЧ. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2012. — 124 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5439 — Загл. с экрана.
4	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.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
2. -Maple 13(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНИТИ РАН(бессрочно)
2. -Информационные ресурсы ФИПС(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	1014/1 (3б)	Компьютерная техника, лабораторные макеты, образцы антенн и устройств СВЧ
Практические занятия и семинары	1014/1 (3б)	Компьютерная техника
Контроль самостоятельной работы	1014/1 (3б)	Компьютерная техника
Лекции	1012 (3б)	Компьютерная техника, проектор