

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Радиотехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНИКА СВЧ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	6 семестр - 28 часа;
Практические занятия	6 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	6 семестр - 12 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	6 семестр - 75,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Коллоквиум Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	6 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Михайлов М.С.
	Идентификатор	R88495daf-MikhailovMS-74da3f0e

М.С. Михайлов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af18

П.С. Остапенков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af18

П.С. Остапенков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Комаров А.А.
	Идентификатор	R8495daf1-KomarovAIA-eada3f0e

А.А. Комаров

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении принципов работы СВЧ линий передачи и СВЧ устройств, используемых в радиотехнических системах..

Задачи дисциплины

- приобретение навыков решения типовых задач в области создания и эксплуатации СВЧ трактов и СВЧ устройств различного назначения на основе изучения принципов их функционирования, изучения аналитических и численных методов их расчета (включая сочетание методов электродинамики и теории цепей СВЧ);
- освоение особенностей конструктивного выполнения типовых узлов и элементов СВЧ трактов, их описания с помощью математических моделей, применяемых в системах автоматизированного проектирования устройств СВЧ и антенн;
- освоение методов экспериментальных исследований в диапазоне СВЧ.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента) процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов в радиоэлектронных устройствах, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных	ИД-2 _{ПК-3} Умеет проводить физическое моделирование, осуществлять выбор технических средств для проведения эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных	знать: - описание функционирования СВЧ-устройств с помощью аппарата матриц рассеяния и методы анализа СВЧ-устройств с помощью матриц рассеяния; - особенности построения и использования СВЧ-трактов и СВЧ-устройств, предназначенных для работы в различных частотных диапазонах,. уметь: - экспериментально определить уровень согласования нагрузки с линией передачи; - применять математические модели и соответствующие методы расчетов к анализу и оптимизации параметров отдельных узлов СВЧ и систем аналоговой обработки СВЧ сигналов; - экспериментально проводить измерения характеристик рассеяния многополюсников СВЧ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Введение. Типы линий передачи. Режимы работы линии передачи. Круговая номограмма Измерение параметров СВЧ нагрузок.	30	6	6	4	6	-	-	-	-	-	14	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Подготовка к лабораторной работе №1 <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр.12-44 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 12-44</p>	
1.1	Введение. Типы линий передачи. Режимы работы линии передачи. Круговая номограмма Измерение параметров СВЧ нагрузок.	30		6	4	6	-	-	-	-	-	14	-		
2	Согласование нагрузок с линией передачи. Соединение СВЧ трактов	28		4	4	6	-	-	-	-	-	14	-		<p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение типового расчёта по узкополосному согласованию <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Подготовка к лабораторной работе №2 <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр.44-69 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 44-69</p>
2.1	Согласование нагрузок с линией передачи. Соединение СВЧ трактов	28		4	4	6	-	-	-	-	-	14	-		
3	Общая теория многополосников	15		5	-	4	-	-	-	-	-	6	-		

	СВЧ												широкополосному согласованию
3.1	Общая теория многополосников СВЧ	15	5	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр.70-95 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 70-95
4	Шестиполосные и восьмиполосные устройства СВЧ	29	5	4	6	-	-	-	-	-	14	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> 1], стр.96-114 <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
4.1	Шестиполосные и восьмиполосные устройства СВЧ	29	5	4	6	-	-	-	-	-	14	-	[1], стр. 96-114 [2], стр. 364-399
5	Объединение многополосников	13	4	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Подготовка к лабораторной работе №3
5.1	Объединение многополосников	13	4	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр.115-121 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 115-121
6	Устройства использующие ферриты и рпн-диоды	11	4	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение типового расчёта по расчёту многополосников СВЧ с помощью аппарата матриц рассеяния
6.1	Устройства использующие ферриты и рпн-диоды	11	4	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр.157-180 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 157-180 [2], стр. 404-414
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	28	12	28	-	-	-	-	0.3	58	17.7	
	Итого за семестр	144.0	28	12	28	-	-	-	-	0.3	75.7		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Введение. Типы линий передачи. Режимы работы линии передачи. Круговая номограмма Измерение параметров СВЧ нагрузок.

1.1. Введение. Типы линий передачи. Режимы работы линии передачи. Круговая номограмма Измерение параметров СВЧ нагрузок.

Особенности использования радиотехнических цепей СВЧ. Классификация и основные характеристики линий передачи СВЧ. Электрические параметры ЛП. Волновой режим в линии передачи. Напряжения и токи в ЛП. Погонное затухание. Максимальная пропускаемая мощность. Математическая модель регулярной линии передачи. Сопротивление и проводимость в сечении тракта. Нормированное описание режима в тракте СВЧ. Нормированные напряжения, токи, сопротивления, проводимости. Преобразование сопротивлений в ЛП. Обзор технических характеристик ЛП. Элементы коаксиального, волноводного, полоскового трактов СВЧ. Реактивные шлейфы. Методы измерения параметров нагрузок. Круговая номограмма нормированных сопротивлений и проводимостей и ее использование для проведения расчетов и обработки результатов эксперимента..

2. Согласование нагрузок с линией передачи. Соединение СВЧ трактов

2.1. Согласование нагрузок с линией передачи. Соединение СВЧ трактов

Нерегулярности и нагрузки в линии передачи. Согласование нагрузок с линией передачи. Влияние согласования нагрузки с линией на эффективность передачи и допустимую мощность. Постановка задачи узкополосного и широкополосного согласования. Схемы узкополосного согласования. Идеология широкополосного согласования. Широкополосное согласование резонансных нагрузок. Особенности конструктивной реализации согласующих устройств для различных типов ЛП. Разъемы и фланцы линий передачи различных типов. Переходы между линиями передачи различных типов. Вращающиеся сочленения. Фильтры типов волн..

3. Общая теория многополюсников СВЧ

3.1. Общая теория многополюсников СВЧ

Методы исследования многополюсников СВЧ. Описание свойств линейных многополюсников с помощью нормированных матриц сопротивлений, проводимостей, рассеяния, передачи. Физический смысл элементов матриц и их экспериментальное определение. Связь различных матриц между собой. Зависимость матрицы рассеяния от положения сечений входов, от их нумерации. Симметричные многополюсники. Матрицы рассеяния взаимных многополюсников. Матрицы рассеяния многополюсников без потерь. Матрицы простейших четырехполюсников. Классическая матрица передачи..

4. Шестиполюсные и восьмиполюсные устройства СВЧ

4.1. Шестиполюсные и восьмиполюсные устройства СВЧ

Направленные ответвители СВЧ. Делители мощности. Принципы построения работы, матрицы рассеяния. Согласование шестиполюсных и восьмиполюсных делителей мощности. Частотные характеристики различных типов направленных ответвителей. Типы направленности ответвителей. Использование метода синфазного и противофазного возбуждения при расчете характеристик симметричных многополюсников. Двойной Т-мост. Щелевой мост. Кольцевые направленные ответвители (квадратный мост и гибридное кольцо).

Ответители на связанных линиях передачи. Частотные характеристики ответителей. Реализация НО на сосредоточенных реактивных элементах..

5. Объединение многополюсников

5.1. Объединение многополюсников

Объединение многополюсников. Принцип декомпозиции. Устройства на основе каскадного соединения восьмиполюсников..

6. Устройства использующие ферриты и pin-диоды

6.1. Устройства использующие ферриты и pin-диоды

Ферритовые устройства СВЧ. Принципы работы, конструктивное выполнение. СВЧ устройства с использованием pin-диодов..

3.3. Темы практических занятий

1. Трансформация сопротивлений в линии передачи. Круговая номограмма сопротивлений и проводимостей;
2. Измерение сопротивления (проводимости) нагрузки, измерение проводимости реактивных нерегулярностей в тракте СВЧ. Метод Татаринова, метод смещения узлов;
3. Узкополосное согласование СВЧ нагрузок. Узкополосное согласование нагрузки с трактом с помощью последовательно и параллельно включенного реактивного сопротивления. Особенности конструктивной реализации элементов согласующих устройств для коаксиальных, волноводных и полосковых трактов СВЧ;
4. Узкополосное согласование нагрузки четвертьволновым трансформатором. Определение рассогласования при изменении рабочей частоты. Узкополосное согласование с помощью двух реактивных неоднородностей, включаемых в фиксированные сечения линии. Трехшлейфное согласующее устройство;
5. Принципы построения схемы широкополосного согласующего устройства, выбор элементов схемы. Способы сведения нагрузки общего вида к резонансной;
6. Устройства СВЧ с использованием подмагниченных ферритов;
7. Преобразование синфазно-противофазного ответителя в квадратурный и наоборот. Примеры применения двойного Т-моста;
8. Классическая матрица передачи простейших 4-х полюсников. Связь между матрицей рассеяния четырехполюсника и классической матрицей передачи;
9. Матрицы рассеяния простейших 4-х и 6-полюсников СВЧ;
10. Согласованные 6-полюсные делители мощности;
11. Графический расчет широкополосного согласования резонансной нагрузки. Оценка максимально возможной полосы согласования;
12. Нахождение матриц рассеяния направленных ответителей при подключении нагрузок к одному (двум) входам;
13. Элементы трактов СВЧ. Регулируемые шлейфы. Вращающиеся сочленения;
14. Использование метода синфазного и противофазного возбуждения при расчете кольцевого ответителя.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Узкополосное и широкополосное согласование комплексных нагрузок с линией передачи;
2. Измерение параметров нагрузок и нерегулярностей СВЧ тракта;

3. Исследование характеристик шестиполюсных и восьмиполюсных устройств СВЧ.

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
Знать:								
особенности построения и использования СВЧ-трактов и СВЧ-устройств, предназначенных для работы в различных частотных диапазонах,	ИД-2ПК-3	+						Коллоквиум/Защита лабораторной работы №1
описание функционирования СВЧ-устройств с помощью аппарата матриц рассеяния и методы анализа СВЧ-устройств с помощью матриц рассеяния	ИД-2ПК-3				+	+	+	Расчетно-графическая работа/Защита типового расчёта. Матрицы рассеяния СВЧ-устройств
Уметь:								
экспериментально проводить измерения характеристик рассеяния многополюсников СВЧ	ИД-2ПК-3			+	+			Коллоквиум/Защита лабораторной работы №3
применять математические модели и соответствующие методы расчетов к анализу и оптимизации параметров отдельных узлов СВЧ и систем аналоговой обработки СВЧ сигналов	ИД-2ПК-3	+	+					Расчетно-графическая работа/Защита типового расчёта. Узкополосное согласование Расчетно-графическая работа/Защита типового расчёта. Широкополосное согласование
экспериментально определить уровень согласования нагрузки с линией передачи	ИД-2ПК-3	+	+					Коллоквиум/Защита лабораторной работы №2

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита типового расчёта. Матрицы рассеяния СВЧ-устройств (Расчетно-графическая работа)
2. Защита типового расчёта. Узкополосное согласование (Расчетно-графическая работа)
3. Защита типового расчёта. Широкополосное согласование (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы №1 (Коллоквиум)
2. Защита лабораторной работы №2 (Коллоквиум)
3. Защита лабораторной работы №3 (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №6)

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Сазонов, Д. М. Антенны и устройства СВЧ : Учебник для вузов по специальности "Радиотехника" / Д. М. Сазонов . – М. : Высшая школа, 1988 . – 432 с.;
2. Фальковский О. И.- "Техническая электродинамика", (2-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (432 с.)
<https://e.lanbook.com/book/167785>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Python;
6. GNU Octave.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-800/1, Учебная лаборатория антенных систем и распространения радиоволн	парта, парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, стенд лабораторный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-800/1, Учебная лаборатория антенных систем и распространения радиоволн	парта, парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, стенд лабораторный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-800/1, Учебная лаборатория антенных систем и распространения радиоволн	парта, парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, стенд лабораторный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-800/6, Кабинет сотрудников каф. "РТП и АС"	кресло рабочее, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-800/7, Архив каф. "РТП и АС"	стол, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, холодильник

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Техника СВЧ

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Защита лабораторной работы №1 (Коллоквиум)
- КМ-2 Защита лабораторной работы №2 (Коллоквиум)
- КМ-3 Защита типового расчёта. Узкополосное согласование (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 Защита типового расчёта. Широкополосное согласование (Расчетно-графическая работа)
- КМ-5 Защита лабораторной работы №3 (Коллоквиум)
- КМ-6 Защита типового расчёта. Матрицы рассеяния СВЧ-устройств (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	7	9	11	12	14
1	Введение. Типы линий передачи. Режимы работы линии передачи. Круговая номограмма Измерение параметров СВЧ нагрузок.							
1.1	Введение. Типы линий передачи. Режимы работы линии передачи. Круговая номограмма Измерение параметров СВЧ нагрузок.		+	+	+	+		
2	Согласование нагрузок с линией передачи. Соединение СВЧ трактов							
2.1	Согласование нагрузок с линией передачи. Соединение СВЧ трактов			+	+	+		
3	Общая теория многополюсников СВЧ							
3.1	Общая теория многополюсников СВЧ						+	
4	Шестиполюсные и восьмиполюсные устройства СВЧ							
4.1	Шестиполюсные и восьмиполюсные устройства СВЧ						+	+
5	Объединение многополюсников							
5.1	Объединение многополюсников							+
6	Устройства использующие ферриты и рин-диоды							
6.1	Устройства использующие ферриты и рин-диоды							+

Bec KM, %:	16	17	16	17	17	17
------------	----	----	----	----	----	----