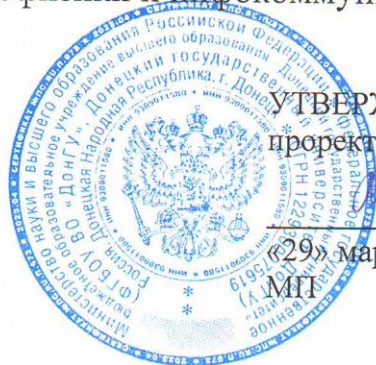


Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Факультет физико-технический
Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

проректор



П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.

МП

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ СВЧ»**

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	03.04.03 Радиофизика
Магистерская программа	Радиофизика
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная


Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «**Моделирование устройств СВЧ**» для обучающихся по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика (Магистерская программа: Радиофизика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 03.04.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерством науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020г. № 918(с изм. и доп.). Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

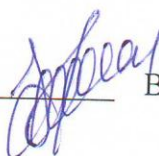
Разработчик:

Доцент
кафедры радиофизики
и инфокоммуникационных технологий

 И.А. Третьяков

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий
Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой

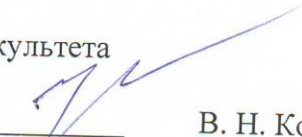
 В.В. Данилов

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
28.03.2024 г.

 С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета
Протокол от 27.03.2024 г. № 2
Председатель

 В. Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной образовательной программы
д-р тех. наук, проф.
26.03.2024 г.

 В.В. Данилов

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Электродинамика СВЧ, Линии передачи и техника СВЧ.

1.2. Освоение данной дисциплины полезно при прохождении практик и подготовке магистерской работы.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.04.03 Радиофизика (Магистерская программа: Радиофизика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.4 Моделирование устройств СВЧ
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	3,5 / 126

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	2	3	17	34	-	75	126	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Знакомство студентов с методами и средствами проектирования устройств СВЧ, их программной реализацией, программными средствами для моделирования, и оптимизации таких устройств.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

4.1. Компетенции

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-3. Способен осуществлять построение моделей объектов исследования и технических систем.	ПК-3.2. Способен проводить компьютерное моделирование объектов исследования.	ПК-3.2.1. Знает основные методы моделирования устройств СВЧ, основные программные продукты, применяемые для моделирования устройств СВЧ. ПК-3.2.2. Умеет применять программные продукты при моделировании устройств СВЧ. ПК-3.2.3. Владеет навыками проектирования с применением современных программных средств, имеющих распространение в мировой практике

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Моделирование устройств СВЧ.	
Введение	Введение. Классификация САПР элементов СВЧ. Обзор и сравнительный анализ специализированных САПР. Изучение работы в среде AWR Design Environment на примере проектирования полосно-пропускающего фильтра СВЧ-диапазона. Обзор возможностей программы.
Моделирования базовых элементов СВЧ	Основы проектирования и моделирования базовых элементов СВЧ. Эквивалентные схемы. Программная оптимизация.
Проектирование полосно-пропускающих фильтров	Общие вопросы проектирования полосно-пропускающих фильтров СВЧ-диапазона. Типы полосно-пропускающих фильтров. Обобщенная методика проектирования. Использование модуля проектирования фильтров iFilter
Электромагнитное моделирование	Основы электромагнитного моделирования.
Пассивные и активные СВЧ-устройства	Проектирование пассивных и активных СВЧ-устройств. Линейное и нелинейное моделирование. Типовые характеристики СВЧ-устройств.
Практические аспекты проектирования.	Практические аспекты проектирования. Технологические ограничения при изготовлении устройств СВЧ. Современные материалы для изготовления полосковых СВЧ-устройств.
Топология полосковых СВЧ-устройств.	Работа с топологией полосковых СВЧ-устройств. Особенности работы с топологией в среде AWR Design Environment. Импорт и экспорт топологии.
Моделирование антенно-фидерных трактов	Разработка сложных устройств с использованием эквивалентных схем замещения. Общий подход к проектированию сложных устройств.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 3

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Моделирование устройств СВЧ.	17	34	0	75	
Введение	2	4	0	8	14
Моделирования базовых элементов СВЧ	2	4	0	8	14
Проектирование полосно-пропускающих фильтров	3	6	0	19	28
Электромагнитное моделирование	2	4	0	8	14
Пассивные и активные СВЧ-устройства	2	4	0	8	14
Практические аспекты проектирования.	2	4	0	8	14
Топология полосковых СВЧ-устройств.	2	4	0	8	14
Моделирование антенно-фидерных трактов	2	4	0	8	14
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	17	34	0	75	126

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

1. Приведите примеры устройств СВЧ.
2. Какие виды исполнения СВЧ-устройств Вы знаете?
3. Приведите примеры САПР СВЧ-устройств.
4. Перечислите типы алгоритмов моделирования СВЧ-устройств и поясните различия между ними.
5. Назовите САПР, наиболее оптимальную для проектирования полосковых СВЧ-устройств.
6. Перечислите основные характеристики полоснопропускающих фильтров, задаваемые при проектировании.
7. Что в среде AWR DE означает знак «\$» в названии элемента?
8. Что в среде AWR DE означает знак «X» в названии элемента?
9. Начертите внешний вид последовательно/параллельно включенной индуктивности/емкости в виде элемента с распределенными параметрами.
10. Начертите внешний вид последовательного/параллельного колебательного контура в виде элемента с распределенными параметрами.
11. Для чего выполняется программная оптимизация?
12. В чем заключается важность умения проектировать СВЧ ППФ?
13. Для каких устройств и почему важно иметь линейную ФЧХ?
14. Дайте определение понятию «относительная полоса пропускания». Для чего удобно использовать данную величину?
15. Приведите примеры типовых секций ППФ.
16. В чем заключается обобщенная методика проектирования ППФ?
17. Поясните назначение модуля проектирования iFilter.
18. Дайте определение термину «электромагнитное моделирование».
19. Поясните назначение ЭМ-модели.
20. Перечислите основные различия между модулями проектирования EMSight и AXIEM.
21. Что такое AFS?
22. В чем заключается суть экстракции?
23. В чем заключается анализ методом гармонического баланса?
24. В чем заключается анализ методом рядов Вольтерра?
25. Поясните назначение матрицы рассеяния.
26. Дайте определение термину «КСВН». Что характеризует КСВН?
27. Что такое ГВЗ?
28. Что такое потери преобразования? Для каких устройств их измеряют?
29. Приведите примеры типовых характеристик следующих СВЧ-устройств: сумматор, меситель, ответвитель Ланге, мост Уилкинсона, малошумящий усилитель.
30. В чем заключаются краевые эффекты?
31. Как изменяются характеристики и габариты СВЧ-устройств при изменении диэлектрической проницаемости?
32. Что такое топология?
33. Поясните принцип получения топологии и создания на ее основе электромагнитной модели в среде AWR Design Environment.
34. Для чего нужен импорт топологии?
35. Для чего нужен экспорт топологии?
36. На чем основан общий подход к проектированию сложных СВЧ-устройств?
37. Поясните принцип построения модели сложного устройства с различными видами линий передачи в среде с 2,5-D алгоритмом проектирования.

38. Какие виды фазовращателей Вы знаете?
 39. Объясните назначение планарной петли связи в волноводном фазовращателе.
 40. Коротко опишите принцип создания модели проходного волноводного фазовращателя в среде AWR Design Environment

7.2. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

Донецкий государственный университет	
Физико-технический факультет	
Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий	
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	03.04.03 Радиофизика
Магистерская программа	Радиофизика
Форма обучения	Очная
Семестр	Третий
Дисциплина	Моделирование устройств СВЧ

Экзаменационный билет № 1

1. Приведите примеры САПР СВЧ-устройств.
2. Дайте определение термину «электромагнитное моделирование».
3. Как изменяются характеристики и габариты СВЧ-устройств при изменении диэлектрической проницаемости?

Утверждено на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий, протокол № 14 от 21.02.2024 г.

Заведующий кафедрой

В.В. Данилов

Экзаменатор

В.В. Долбещенков

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

8.1. Семестр 1

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	5
	Лабораторные работы	40
ИТОГО		50
Экзамен		50
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в корпусе №4 ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лекционных занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для проведения лабораторных занятий требуется учебная лаборатория, укомплектованная необходимым оборудованием.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

При использовании дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. Моделирование устройств СВЧ [Электронный ресурс]: учебное пособие / ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет"; составители: В. И. Тимченко, В. В. Долбещенков. - Донецк: ДонНУ, 2019. - Электронные текстовые данные (1 файл).

2. Практикум по моделированию устройств СВЧ [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет"; составители: В. И. Тимченко, В. В. Долбещенков. - Донецк: ДонНУ, 2019. - Электронные текстовые данные (1 файл).

10.2. Дополнительная литература

1. Альтман, Дж. Устройства сверхвысоких частот / Д. Альтман ; пер. с англ. под ред. И. В. Лебедева. - Москва : Мир, 1968. - 487 с.

2. Голубева, Н. С. Основы радиоэлектроники сверхвысоких частот : учеб. пособие. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. "Радиотехника" / Н. С. Голубева, В. Н. Митрохин. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. - 486 с.

3. Силин, Р. А. Периодические волноводы : [как замедляющие системы] / Р. А. Силин. - М. : ФАЗИС, 2002. - IX, 436

4. Теория и расчет антенн и устройств сверхвысоких частот : Сб. задач / В. Ф. Хмель, И. И. Шумлянский, Н. Н. Горобец и др. - Одесса : Латстар, 2001. - 252 с.

5. Харвей А. Ф. Техника сверхвысоких частот. [Т.] 1 / А. Ф. Харвей ; Пер. с англ. под ред. В. И. Сушкевича. - М. : Сов. радио, 1965. - 783 с.

6. Харвей А. Ф. Техника сверхвысоких частот. [Т.] 2 / А. Ф. Харвей ; Пер. с англ.

под ред. В. И. Сушкевича. - М. : Сов. радио, 1965. - 774 с.

7. Джуринский, К. Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ : соединители, коаксиально-микрополосковые переходы, адаптеры, СВЧ-вводы, низкочастотные вводы, изоляционные стойки, фильтры помех / К. Б. Джуринский. - Изд. 2-е. - М. : Техносфера, 2006. - 214 с.

8. Лебедев, И. В. Техника и приборы СВЧ [Текст] : [учеб. для вузов по специальности "Электронные приборы"]. Т. 1 : Техника сверхвысоких частот / И. В. Лебедев ; под ред. Н. Д. Девяткова. - 2-е изд. - Москва : Высш. шк., 1970. - 439 с.

9. Лебедев, И. В. Техника и приборы СВЧ : [Учеб. для вузов по специальности "Электронные приборы"]. Т. 2 : Электровакуумные приборы СВЧ / И. В. Лебедев ; Под ред. Н. Д. Девяткова. - 2-е изд. - М. : Высш. шк., 1972. - 375 с.

10. Фуско, В. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование / В. Фуско ; пер. с англ.: А. А. Вольман, А. Д. Муравцова ; под ред. В. И. Вольмана. - Москва : Радио и связь, 1990. - 287,[1] с.

11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

2. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

3. **Электронный архив ДонГУ**: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).