

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

«ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ И ТЕХНИКА СВЧ»

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриат
Направление подготовки	03.03.03 Радиофизика
Профиль подготовки	Радиофизика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «**Линии передачи и техника СВЧ**» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика (Профиль: Радиофизика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 912 (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:

Ст. преподаватель
кафедры радиофизики
и инфокоммуникационных технологий

 В. В. Долбещенков

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

Заведующий кафедрой

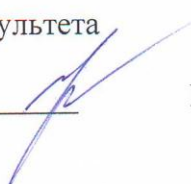
 В.В. Данилов

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 В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

дисциплины: Математический анализ, Электричество и магнетизм, Колебания и волны, оптика, Радиотехнические цепи и сигналы, Радиоэлектроника.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Электроника СВЧ, Функциональная электроника, Производственная практика: преддипломная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.03. Радиофизика (Профиль: Радиофизика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ОД.16 Линии передачи и техника СВЧ
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор вуза
Количество зачетных единиц / всего часов	4,5 / 162

2.2. Распределение часов по периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	3	6	48	32	16	66	162	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Получение базовых знаний по основам работы и принципам устройств СВЧ линий передач и узлов, в том числе изучение теории СВЧ цепей.

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

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-2. Обладает достаточными знаниями в области электроники, электронной аппаратуры, в том числе СВЧ и оптического диапазона, антенно-фидерных систем,	ПК-2.2. Обладает достаточными знаниями в области электроники и техники СВЧ, необходимые при проведении научно-исследовательских работ и экспериментов по	ПК-2.2.1. Знает особенности СВЧ-диапазона, основные типы линий передачи СВЧ, их свойства, физические принципы функционирования устройств СВЧ-диапазона. ПК-2.2.2. Умеет применять полученные знания для анализа линий передачи и устройств СВЧ-диапазона. ПК-2.2.3. Имеет представление о особенностях и методах экспериментального измерения основных параметров линий передачи и устройств СВЧ-диапазона.

необходимыми при проведении научно-исследовательских работ и экспериментов по профилю подготовки.	профилю подготовки.	
---	---------------------	--

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Линии передачи СВЧ	
Введение. Линии передачи СВЧ	Основные положения. Классификация линий передачи СВЧ. Основы теории длинных линий. Теория регулярных линий передачи. Основные режимы работы линии передачи. Характеристики основных типов линий передачи СВЧ.
Распространение волн в линиях передач	Однородное волновое уравнение регулярной линии передач и его решение. Фазовая и групповая скорости. Длина волны в линии передач. Классификация типов волн. Характеристическое сопротивление линий передач. Особенности распространения волн в гиромангнитных средах
Круговая диаграмма сопротивлений.	Принципы построения круговой диаграммы сопротивлений. Возможности применения круговой диаграммы сопротивлений для решения практических задач техники СВЧ.
Волноводы	Волноводы прямоугольного и круглого сечения. Коаксиальные волноводы. Прочие типы линий передач СВЧ. Возбуждение волноводов. Связь напряженности полей с передаваемой мощностью. Токи в стенках волноводов. Затухание мощности. Выбор формы, размеров сечения волновода и типа волны для передачи энергии. Запредельный волновод.
Неоднородности в волноводах	Метод эквивалентных схем. Понятие об эквивалентном сопротивлении волновода. Эквивалентные схемы простейших элементов СВЧ-трактов. Особенности применения матричных методов к расчету СВЧ-цепей. Метод малых возмущений
Раздел 2. Устройства СВЧ	
Двухполюсники	Согласованные нагрузки. Реактивные нагрузки. Преобразователи СВЧ мощности.
Четырехполюсники	Разъемы и соединения. Переходы между линиями разных типов. Нерегулярности в волноводе. Изгибы и скрутки волноводов.

	Аттенюаторы. Фазовращатели. Согласующие трансформаторы.
Резонаторы	Объемные резонаторы. Основные типы резонаторов. Собственные виды колебаний в резонаторах. Цилиндрические и коаксиальные резонаторы. Другие типы резонаторов. Связь резонатора с передающими линиями. Перестройка частоты резонаторов.
Периодические замедляющие структуры	Возможности создания структур с фазовой скоростью меньше скорости света. Распространение электромагнитных волн в однородной периодической структуре. Типы замедляющих структур.
Шести полюсники	Y-тройники. E- и H-тройники. Шести полюсные делители мощности
Восьми полюсники и двенадцати полюсники	Направленные ответвители. Мостовые устройства. Крестообразные соединения. Резонатор бегущей волны. Двенадцати полюсники.
Ферритовые устройства СВЧ	Основные свойства ферритов на СВЧ. Ферритовые устройства на эффекте Фарадея. Вентили с поперечно подмагниченным ферритом. Фазовые циркуляторы.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 6

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лаб.р.	Прак.т.	СРС	Всего
Раздел 1. Линии передачи СВЧ	20	10	12	32	74
Введение. Линии передачи СВЧ	4		4	5	13
Распространение волн в линиях передач	4	2	4	9	19
Круговая диаграмма сопротивлений.	4	4		5	13
Волноводы	4	2		5	11
Неоднородности в волноводах	4	2	4	8	18
Раздел 2. Устройства СВЧ	28	6	20	34	88
Двухполюсники	4	2		3	9
Четырехполюсники	4		4	5	13
Резонаторы	4	2	4	8	18
Периодические замедляющие структуры	4	2		3	9
Шести полюсники	4		4	5	13
Восьми полюсники и двенадцати полюсники	4		4	5	13
Ферритовые устройства СВЧ	4		4	5	13
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	48	16	32	66	162

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Понятие регулярной и нерегулярной линий передачи. Их основные параметры.

2. Основные параметры коаксиальной линии передачи.
3. Основные параметры двухпроводной линии передачи.
4. Основные параметры линии передачи «витая пара».
5. Основные параметры планарной линии передачи.
6. Основные параметры прямоугольного волновода.
7. Основные параметры круглого волновода.
8. Телеграфные уравнения.
9. Нормированные значения напряжения.
10. Нормированные сопротивление и проводимость.
11. Коэффициент отражения.
12. Интерференция падающей и отраженной волн в нагруженной линии.
13. Входное сопротивление линии передачи с нагрузкой.
14. Основные режимы работы линии передачи.
15. Круговая диаграмма сопротивлений.
16. Применение круговой диаграммы сопротивлений.
17. Полуволновые и четвертьволновые трансформаторы.
18. Согласование линий передачи с помощью четвертьволнового трансформатора.
19. Согласование линий передачи с помощью сосредоточенной реактивности.
20. Пластинчатый диэлектрический трансформатор.
21. Согласование линий передачи с помощью параллельного реактивного шлейфа.
22. Трансформаторы с тремя реактивными элементами.

Раздел 2

23. Матрицы рассеяния многополюсников.
24. Волновые матрицы передачи многополюсников.
25. Согласованные нагрузки.
26. Реактивные нагрузки.
27. Преобразователи СВЧ мощности.
28. Разъемы и соединения.
29. Переходы между линиями разных типов.
30. Нерегулярности в волноводе.
31. Изгибы и скрутки волноводов.
32. Аттenuаторы.
33. Фазовращатели.
34. Согласующие трансформаторы.
35. Объемные резонаторы.
36. Основные типы резонаторов.
37. Открытые резонаторы.
38. Диэлектрические резонаторы.
39. Резонатор, включенный на проход.
40. Частотные фильтры.
41. Y-тройники.
42. E- и H-тройники.
43. Шестиполусные делители мощности
44. Направленные ответвители.
45. Мостовые устройства.
46. Крестообразные соединения.
47. Резонатор бегущей волны.
48. Двенадцатиполусники.
49. Основные свойства ферритов на СВЧ.
50. Ферритовые устройства на эффекте Фарадея.
51. Вентили с поперечно подмагниченным ферритом.

52. Фазовые циркуляторы.

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

Донецкий государственный университет	
Физико-технического факультета	
Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий	
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.03 Радиофизика
Профиль подготовки	Радиофизика
Форма обучения	Очная
Семестр	Шестой
Дисциплина	Линии передачи и техника СВЧ
Экзаменационный билет № 1	

1. Понятие регулярной и нерегулярной линий передачи. Их основные параметры.
2. Объемные резонаторы.
3. В прямоугольном волноводе сечением 4 X 3 см распространяется волна типа Н₁₁. Волновод заполнен пенополистиролом с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 1,15$. Частота колебаний 8 ГГц. Определить фазовую скорость и длину волны в волноводе.

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

Заведующий кафедрой
Экзаменатор

В.В. Данилов
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, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

8.1. Семестр 6

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	10
	Лабораторные работы	35
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 4-м корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лекционных и практических 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. Техника и полупроводниковая электроника СВЧ: Учебное пособие [Электронное издание] / О. О. Дробахин, С. В. Плаксин, В. Д. Рябчий, Д. Ю. Салтыков. – Севастополь: Вебер, 2013.– 322 с.

2. Собенин Н. П., Милованов О. С. Техника сверхвысоких частот: Издание второе, переработанное и дополненное. Учеб, пособие для вузов. Под редакцией Н.П.Собенина М.: Энергоатомиздат, 2007, - 543 с.

3. 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.

4. Крыжановский, В. Г. Конспект лекций и методические материалы по курсу "Теория длинных линий" [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Г. Крыжановский, А. А.

Белявская; Донецкий национальный университет. - 3-е изд. - Донецк: ДонНУ, 2011. - Электронные данные (1 файл).

10.2. Дополнительная литература

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. Максимов В. М. Линии передачи СВЧ-диапазона: Учеб. пособие для студентов вузов / В. М. Максимов; [Учеб.-метод. об-ние по образованию в области радиотехники, электроники, биомед. техники и автоматизации]. - М.: Сайнс-Пресс, 2002. - 80 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).