

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

СВЧ узлы современных средств связи и радиолокации

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Информационные системы и технологии

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.01 СВЧ узлы современных средств связи и радиолокации относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства | |
|--|--|--|------------------------------------|-------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| ПК-1: Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования подходов, решений и выводов по соответствующим научным и профессиональным проблемам | <p>ПК-1.1: Знает методы обработки и интерпретации данных научных исследований</p> <p>ПК-1.2: Умеет собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований</p> <p>ПК-1.3: Имеет практический опыт сбора, обработки и интерпретации данных научных исследований</p> | <p>ПК-1.1: Знает особенности конструкции и работы основных элементов СВЧ узлов современных линий связи</p> <p>ПК-1.2: Умеет формулировать выводы к задачам профессиональной деятельности по соответствующему направлению исследований</p> <p>ПК-1.3: Умеет анализировать физические аспекты теории и возможности ее использования для расчета электродинамических характеристик основных элементов СВЧ узлов современных линий связи</p> | Тест | Зачёт: Контрольные вопросы |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|---|-------|
| | очная |
| Общая трудоемкость, з.е. | 2 |
| Часов по учебному плану | 72 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |

| | |
|--|------------|
| - занятия лекционного типа | 22 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 0 |
| - КСР | 1 |
| самостоятельная работа | 49 |
| Промежуточная аттестация | 0 Зачёт |

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | в том числе | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|--|--------------|--|--|-------------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего | |
| Ф Ф Ф | Ф Ф Ф | Ф Ф Ф | Ф Ф Ф | Ф Ф Ф | |
| Введение | 8 | 2 | | 2 | 6 |
| Волны в линиях передачи | 18 | 6 | | 6 | 12 |
| Резонаторы | 14 | 4 | | 4 | 10 |
| Элементы СВЧ цепей | 31 | 10 | | 10 | 21 |
| Аттестация | 0 | | | | |
| КСР | 1 | | | 1 | |
| Итого | 72 | 22 | 0 | 23 | 49 |

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Введение.

Предмет курса. Краткий исторический обзор становления электродинамики СВЧ узлов. Логическая структура курса, главные разделы.

Раздел 2. Волны в линиях передачи.

2.1. Общие свойства и основные типы волн в линиях передачи.

2.2. Граничные условия для различных типов волн в идеальной линии. Условие существования главной (ТЕМ) волны. Закрытые и открытые линии.

2.3. Дисперсионное уравнение. Волновые моды. Критическая частота. Длина волны, фазовая и групповая скорости. Волны в прямоугольном и круглом волноводах.

2.4. Затухание волн в линиях передачи.

2.5. Телеграфные уравнения для ТЕМ волн. Коаксиальная и микрополосковая линии.

2.6. Расчет отражений в линии. Формула преобразования импедансов. Согласование линии с нагрузкой.

2.7. Возбуждение линий передачи заданными источниками.

Раздел 3. Резонаторы.

- 3.1. Собственные электромагнитные колебания в идеальных полых резонаторах.
- 3.2. Затухание собственных колебаний в полых резонаторах.
- 3.3. Возбуждение резонатора заданными источниками.
- 3.4. Другие типы резонаторов. Описание на языке LC контуров.

Раздел 4. Элементы СВЧ цепей.

- 4.1. Четырехполюсники в СВЧ цепях.
Волновые матрицы рассеяния и передачи.
- 4.2. Фильтры СВЧ.
Фильтры верхних частот (ФВЧ), фильтры нижних частот (ФНЧ), полосно-пропускающие (ППФ) и полосно-запирающие (ПЗФ) фильтры.
- 4.3. Многоплечные СВЧ узлы.
Y-тройник, двойной волноводный тройник.
- 4.4. Согласование СВЧ цепей. Широкополосное согласование.
- 4.5. Вентиль.
- 4.6. Циркуляторы.
Y-циркулятор, циркулятор на эффекте Фарадея.
- 4.7. Управляющие СВЧ-устройства.
Выключатели, коммутаторы, отражательные фазовращатели, проходные фазовращатели, аттенюаторы, ограничители мощности, модуляторы мощности и т.д.
- 4.8. Управляемые фильтры.
Перестраиваемые фильтры на ферритовых резонаторах.
- 4.9. Коммутационные диоды СВЧ.
- 4.10. Балансный модулятор и балансный смеситель.
- 4.11. Заключительные замечания. Некоторые наиболее интересные и перспективные современные тенденции в разработке и конструировании СВЧ устройств, основанные на успехах технологии изготовления новых электродинамических и электромеханических систем.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 3 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Фриск, В.В. Основы теории цепей. Лабораторный практикум на персональном компьютере.

[Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : СОЛОН-Пресс, 2009. — 192 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/13652> — Загл. с экрана.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Низшей модой прямоугольного волновода с размерами поперечного сечения $a \times b (a > b)$ является

- 1) TM_{111}
- 2) TE_{35}
- 3) TE_{10}

2. Коэффициент отражения от нагрузки на конце линии равен нулю, если

- 1) нагрузка согласована с линией
- 2) всегда
- 3) никогда

3. Четырехполюсник, пропускающий СВЧ энергию без поглощения в одном направлении и не пропускающий в обратном, называется

- 1) вентилем
- 2) Y-тройником

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---|
| зачтено | Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. |
| не зачтено | Уровень знаний ниже минимальных требований. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. |

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
|--|------------|---------------------|-------------------|--------|--------------|---------|-------------|
| | не зачтено | зачтено | | | | | |

| | | | | | | | |
|---------------|---|--|--|---|--|---|--|
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|---------|--------------------------|--|
| зачтено | превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». |
| | удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |

| | | |
|------------|---------------------|--|
| не зачтено | неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |
| | плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Общие свойства и основные типы волн в линиях передачи.
2. Телеграфные уравнения. Коаксиальная и микрополосковая линии.
3. Четырехполосники в СВЧ цепях. Волновые матрицы рассеяния и передачи.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---|
| зачтено | Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. |
| не зачтено | Уровень знаний ниже минимальных требований. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Никольский Вячеслав Владимирович. Электродинамика и распространение радиоволн : [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1989. - 543 с. : ил. - ISBN 5-02-014033-3 (в пер.) : 1.60., 155 экз.
2. Вайнштейн Лев Альбертович. Электромагнитные волны. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1988. - 440 с. : ил. - ISBN 5-256-00064-0 (в пер.) : 2.90., 225 экз.
3. Вольман Владимир Иосифович. Техническая электродинамика : учеб. для электротехн. ин-тов связи. - М. : Связь, 1971. - 487 с. : ил. - 1.31., 10 экз.
4. Сазонов Дмитрий Михайлович. Антенны и устройства СВЧ : [учеб. для вузов по специальности "Радиотехника"]. - М. : Высшая школа, 1988. - 430, [2] с. : ил. - ISBN 5-06-001149-6 : 1.40., 4 экз.
5. Микроэлектронные устройства СВЧ : [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов] / [Г. И. Веселов и др.] ; под ред. Г. И. Веселова. - М. : Высшая школа, 1988. - 279, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-001170-4 (в пер.) : 0.90., 2 экз.

6. Фуско Винсент. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование / пер. с англ. А. А. Вольман, А. Д. Муравцова ; под ред. В. И. Вольмана. - М. : Радио и связь, 1990. - 287, [1] с. : ил. - ISBN 5-256-00663-0 : 1.60., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника : учебник / Григорьев А. Д. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 704 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-0706-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799562&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Не предусмотрено

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Умнов Алексей Львович, кандидат физико-математических наук.

Рецензент(ы): Гавриленко Владимир Георгиевич, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Кудрин Александр Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.11.2024, протокол № 06/24.