

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**СХЕМОТЕХНИКА МИКРОВОЛНОВЫХ УСТРОЙСТВ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.01 Радиотехника**

Направленность (профиль) / специализация: **Радиотехнические системы**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**

Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**

Курс: **1**

Семестр: **2**

Учебный план набора 2023 года (индивидуальный учебный план, гр. 913-М-инд3)

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности          | 2 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 18        | 18    | часов   |
| Практические занятия               | 18        | 18    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 36        | 36    | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 72        | 72    | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 2         | 2     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет с оценкой                | 2       |

Томск

Согласована на портале № 81665

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Подготовка магистров в области разработки микроволновых устройств, основанных на использовании активных и пассивных элементов СВЧ-диапазона.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Получение необходимых знаний по физическим основам функционирования активных и пассивных микроволновых элементов.

2. Получение необходимых знаний по методам расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств на основе активных и пассивных элементов, по основам их проектирования.

3. Приобретение навыков работы с пакетом программ автоматизированного проектирования типа ADS.

4. Получение знаний по методам измерения электрических параметров и характеристик микроволновых схем и устройств.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Индекс дисциплины: Б1.В.1.01.ДВ.02.03.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция  | Индикаторы достижения компетенции   | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |
|--|---|--|
| <b>Универсальные компетенции</b>                                   |   |  |
| -  | -   | -  |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>                            |   |  |
| -  | -   | -  |
| <b>Профессиональные компетенции</b>                                |   |  |
| ПК-3. Способен проектировать объекты профессиональной деятельности | ПК-3.1. Знает методики проектирования объектов профессиональной деятельности  | Знает методики проектирования широкого ряда пассивных и активных СВЧ устройств.                                |
|  | ПК-3.2. Умеет эффективно применять современные средства разработки при проектировании объектов профессиональной деятельности. | Умеет пользоваться специализированными алгоритмами и программами для расчета широкополосных согласующих цепей. |
|  | ПК-3.3. Владеет современными технологиями проектирования объектов профессиональной деятельности                               | Владеет необходимыми навыками для проектирования СВЧ устройств.  |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов,

**выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем  
и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности   | Всего часов | Семестры  |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 2 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 36          | 36        |
| Лекционные занятия  | 18          | 18        |
| Практические занятия  | 18          | 18        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 36          | 36        |
| Подготовка к зачету с оценкой   | 12          | 12        |
| Написание конспекта самоподготовки  | 10          | 10        |
| Выполнение практического задания  | 4           | 4         |
| Выполнение расчетной / расчетно-графической работы  | 4           | 4         |
| Подготовка к тестированию   | 6           | 6         |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 72          | 72        |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 2           | 2         |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины                 | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--|--------------|---------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>                                   |              |               |              |                            |                         |
| 1 Основы полупроводниковой СВЧ электроники         | 4            | 6             | 9            | 19                         | ПК-3                    |
| 2 Пассивные устройства СВЧ                         | 6            | 6             | 9            | 21                         | ПК-3                    |
| 3 Микроволновые усилители                          | 2            | 6             | 5            | 13                         | ПК-3                    |
| 4 Генераторы СВЧ колебаний                         | 2            | -             | 5            | 7                          | ПК-3                    |
| 5 Преобразователи частоты микроволнового диапазона | 2            | -             | 4            | 6                          | ПК-3                    |
| 6 Основы измерений СВЧ-устройств                   | 2            | -             | 4            | 6                          | ПК-3                    |
| Итого за семестр                                   | 18           | 18            | 36           | 72                         |                         |
| Итого  | 18           | 18            | 36           | 72                         |                         |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>                   |  |                                      |                         |

|  |  |   |      |
|--|--|---|------|
| 1 Основы полупроводниковой СВЧ электроники         | Типы и параметры линий передачи СВЧ. Расчёт эквивалентных схем и характеристик отрезков линий передачи. Матрица рассеяния. Диаграмма Вольперта-Смитта и её использование для расчёта характеристик устройств СВЧ. Согласующие цепи на элементах с сосредоточенными и распределёнными параметрами.  | 4 | ПК-3 |
|  | Итого  | 4 |      |
| 2 Пассивные устройства СВЧ                         | Описание расчётов основных используемых пассивных устройств СВЧ. Делители мощности (шлейфные, кольцевые, мосты Уилкинсона), согласующие цепи на отрезках линий передачи, фильтры, направленные ответвители. Эквивалентные схемы компонентов, используемых в устройствах СВЧ.   | 6 | ПК-3 |
|  | Итого  | 6 |      |
| 3 Микроволновые усилители                          | Определение коэффициента шума и коэффициента передачи усилителей, способы измерения. Условия устойчивости усилителей. Особенности построения схем усилителей по назначению. Расчёт параметров малошумящих усилителей СВЧ диапазона. Основные схемы включения активных элементов. Расчёт характеристик устройств.                                     | 2 | ПК-3 |
|  | Итого  | 2 |      |
| 4 Генераторы СВЧ колебаний                         | Основные параметры микроволновых генераторов. Нелинейные параметры активных элементов. Определение фазового шума генераторов. Генераторы СВЧ колебаний на основе двухполюсников, методы анализа и расчёта характеристик. Условия баланса амплитуд и баланса фаз. Генераторы СВЧ на основе четырёхполюсников, методы анализа и расчёта характеристик. | 2 | ПК-3 |
|  | Итого  | 2 |      |
| 5 Преобразователи частоты микроволнового диапазона | Назначение и принципы переноса частоты. Основные схемы и параметры смесителей СВЧ. Расчёт характеристик схем смесителей. Умножители частоты, их особенности и применение.  | 2 | ПК-3 |
|  | Итого  | 2 |      |

|                                  |   |    |      |
|----------------------------------|---|----|------|
| 6 Основы измерений СВЧ-устройств | Основы измерения коэффициента шума.<br>Основы векторного анализа цепей.<br>Векторная коррекция, калибровка. | 2  | ПК-3 |
|                                  | Итого   | 2  |      |
| Итого за семестр                 |   | 18 |      |
| Итого                            |   | 18 |      |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины         | Наименование практических занятий (семинаров)               | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>                           |   |                 |                         |
| 1 Основы полупроводниковой СВЧ электроники | Согласование фидеров с нагрузкой                            | 6               | ПК-3                    |
|  | Итого   | 6               |                         |
| 2 Пассивные устройства СВЧ                 | Проектирование двухканального делителя-сумматора Вилкинсона | 6               | ПК-3                    |
|  | Итого   | 6               |                         |
| 3 Микроволновые усилители                  | Моделирование СВЧ усилителей мощности                       | 6               | ПК-3                    |
|  | Итого   | 6               |                         |
| Итого за семестр                           |   | 18              |                         |
| Итого                                      |   | 18              |                         |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| <b>2 семестр</b>                   |                             |                 |                         |                |

|  |  |   |      |   |
|--|--|---|------|---|
| 1 Основы полупроводниковой СВЧ электроники         | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой                         |
|  | Написание конспекта самоподготовки                 | 2 | ПК-3 | Конспект самоподготовки                 |
|  | Выполнение практического задания                   | 2 | ПК-3 | Практическое задание                    |
|  | Выполнение расчетной / расчетно-графической работы | 2 | ПК-3 | Расчетная / расчетно-графическая работа |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПК-3 | Тестирование                            |
|  | Итого  | 9 |      |   |
| 2 Пассивные устройства СВЧ                         | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой                         |
|  | Написание конспекта самоподготовки                 | 2 | ПК-3 | Конспект самоподготовки                 |
|  | Выполнение практического задания                   | 2 | ПК-3 | Практическое задание                    |
|  | Выполнение расчетной / расчетно-графической работы | 2 | ПК-3 | Расчетная / расчетно-графическая работа |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПК-3 | Тестирование                            |
|  | Итого  | 9 |      |   |
| 3 Микроволновые усилители                          | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой                         |
|  | Написание конспекта самоподготовки                 | 2 | ПК-3 | Конспект самоподготовки                 |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПК-3 | Тестирование                            |
|  | Итого  | 5 |      |   |
| 4 Генераторы СВЧ колебаний                         | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой                         |
|  | Написание конспекта самоподготовки                 | 2 | ПК-3 | Конспект самоподготовки                 |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПК-3 | Тестирование                            |
|  | Итого  | 5 |      |   |
| 5 Преобразователи частоты микроволнового диапазона | Подготовка к зачету с оценкой                      | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой                         |
|  | Написание конспекта самоподготовки                 | 1 | ПК-3 | Конспект самоподготовки                 |
|  | Подготовка к тестированию                          | 1 | ПК-3 | Тестирование                            |
|  | Итого  | 4 |      |   |

|                                  |                                    |    |      |                         |
|----------------------------------|------------------------------------|----|------|-------------------------|
| 6 Основы измерений СВЧ-устройств | Подготовка к зачету с оценкой      | 2  | ПК-3 | Зачёт с оценкой         |
|                                  | Написание конспекта самоподготовки | 1  | ПК-3 | Конспект самоподготовки |
|                                  | Подготовка к тестированию          | 1  | ПК-3 | Тестирование            |
|                                  | Итого                              | 4  |      |                         |
| Итого за семестр                 |                                    | 36 |      |                         |
| Итого                            |                                    | 36 |      |                         |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           | Формы контроля  |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|---|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Сам. раб. |   |
| ПК-3                    | +                         | +          | +         | Зачёт с оценкой, Конспект самоподготовки, Практическое задание, Расчетная / расчетно-графическая работа, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля                          | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|--|---|---|------------------|
| <b>2 семестр</b>                        |  |   |   |                  |
| Зачёт с оценкой                         | 0  | 0   | 30  | 30               |
| Конспект самоподготовки                 | 4  | 4   | 8   | 16               |
| Практическое задание                    | 8  | 8   | 10  | 26               |
| Расчетная / расчетно-графическая работа | 6  | 6   | 4   | 16               |
| Тестирование                            | 4  | 4   | 4   | 12               |
| Итого максимум за период                | 22   | 22  | 56  | 100              |
| Нарастающим итогом                      | 22   | 44  | 100   | 100              |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля                       | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3      |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 2      |

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка                               | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS)           |
|--------------------------------------|--|-------------------------|
| 5 (отлично) (зачтено)                | 90 – 100   | A (отлично)             |
| 4 (хорошо) (зачтено)                 | 85 – 89  | B (очень хорошо)        |
|                                      | 75 – 84  | C (хорошо)              |
|                                      | 70 – 74  | D (удовлетворительно)   |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 65 – 69  | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64  |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов   | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Основы теории и проектирования ВЧ- и СВЧ-устройств на регулярных связанных линиях передачи: Учебное пособие / А. Г. Лоцилов, Н. Д. Малютин - 2018. 136 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8281>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Устройства СВЧ и антенны: Учебное пособие / Л. И. Шангина, В. А. Замотринский - 2012. 223 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/712>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Антенны и фидеры: Учебно-методическое пособие для практических занятий / Г. Г. Гошин - 2018. 236 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8324>.

2. Организация самостоятельной работы: Учебно-методическое пособие / Д. О. Ноздреватых, Б. Ф. Ноздреватых - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7867>.

3. Певцов, Е. Ф. Проектирование СВЧ устройств в САПР ADS : учебно-методические пособия / Е. Ф. Певцов, В. В. Крутов, А. О. Казачков. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 69 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/226700>.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

##### Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

##### Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

##### Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных



## **и информационные справочные системы**

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

### **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

#### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебно-научная лаборатория микроволновых устройств и антенн: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 225/2 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Источник питания постоянного тока DP831A.Rigol 16 шт.

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL

Монитор 27" 20 шт.

Монитор MSI 27" Pro MP271 12 шт.

Системный блок 1 8 шт.

Системный блок 2 8 шт.

- Комплект специализированной учебной мебели;

- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Comsol 6.1.0.282;

- GNU Radio;

- PTC Mathcad 14;

- Qucs;

#### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;

- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;

- компьютеры;

- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;

- OpenOffice;

- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;

- 7-Zip;

- Google Chrome.

#### **8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными**

## ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

### 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

#### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины         | Формируемые компетенции | Формы контроля                          | Оценочные материалы (ОМ)  |
|--|-------------------------|---|---|
| 1 Основы полупроводниковой СВЧ электроники | ПК-3                    | Зачёт с оценкой                         | Перечень вопросов для зачета с оценкой  |
|  |                         | Конспект самоподготовки                 | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки                              |
|  |                         | Практическое задание                    | Темы практических заданий   |
|  |                         | Расчетная / расчетно-графическая работа | Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ |
|  |                         | Тестирование                            | Примерный перечень тестовых заданий   |

|  |      |   |   |
|--|------|---|---|
| 2 Пассивные устройства СВЧ                         | ПК-3 | Зачёт с оценкой                         | Перечень вопросов для зачета с оценкой  |
|  |      | Конспект самоподготовки                 | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки                              |
|  |      | Практическое задание                    | Темы практических заданий   |
|  |      | Расчетная / расчетно-графическая работа | Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ |
|  |      | Тестирование                            | Примерный перечень тестовых заданий   |
| 3 Микроволновые усилители                          | ПК-3 | Зачёт с оценкой                         | Перечень вопросов для зачета с оценкой  |
|  |      | Конспект самоподготовки                 | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки                              |
|  |      | Тестирование                            | Примерный перечень тестовых заданий   |
| 4 Генераторы СВЧ колебаний                         | ПК-3 | Зачёт с оценкой                         | Перечень вопросов для зачета с оценкой  |
|  |      | Конспект самоподготовки                 | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки                              |
|  |      | Тестирование                            | Примерный перечень тестовых заданий   |
| 5 Преобразователи частоты микроволнового диапазона | ПК-3 | Зачёт с оценкой                         | Перечень вопросов для зачета с оценкой  |
|  |      | Конспект самоподготовки                 | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки                              |
|  |      | Тестирование                            | Примерный перечень тестовых заданий   |
| 6 Основы измерений СВЧ-устройств                   | ПК-3 | Зачёт с оценкой                         | Перечень вопросов для зачета с оценкой  |
|  |      | Конспект самоподготовки                 | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки                              |
|  |      | Тестирование                            | Примерный перечень тестовых заданий   |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения |       |         |
|--------|-------------|---|-------|---------|
|        |             | знать   | уметь | владеть |
|        |             |   |       |         |

|                            |  |   |   |  |
|----------------------------|--|---|---|--|
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания              | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания                   | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков           |
| 4 (хорошо)                 | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение    | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично)                | ≥ 90% от максимальной суммы баллов         | сформированные систематические знания                   | сформированное умение                                       | успешное и систематическое применение навыков                        |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка                     | Формулировка требований к степени компетенции  |
|----------------------------|--|
| 2<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.   |
| 5 (отлично)                | Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.                             |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

- Какой тип волны распространяется в коаксиальной линии передачи?
  - Н-волна;
  - Е-волна;

- в) Т-волна;  
г) М-волна;
2. Чему равно входное сопротивление четвертьволнового отрезка линии передачи сопротивлением 50 Ом, подключенный к нагрузке сопротивлением 100 Ом?
    - а) 25 Ом
    - б) 50 Ом
    - в) 75 Ом
    - г) 112,5 Ом
  3. Чему равно входное сопротивление полуволнового отрезка линии передачи сопротивлением 75 Ом, подключенный к нагрузке сопротивлением 50 Ом?
    - а) 25 Ом
    - б) 50 Ом
    - в) 75 Ом
    - г) 112,5 Ом
  4. Чему равно эквивалентное сопротивление катушки индуктивности номиналом 5 нГн на частоте 3 ГГц?
    - а) 94,2 Ом
    - б) j94,2 Ом
    - в) -j94,2 Ом
    - г) 50 Ом
  5. Чему равен КСВН устройства, если коэффициент отражения равен 0,5?
    - а) 2
    - б) 1,5
    - в) 0,5
    - г) 3
  6. Чему равен коэффициент передачи делителя мощности Уилкинсона в дБ?
    - а) 3 дБ
    - б) 0,5 дБ
    - в) -3 дБ
    - г) -0,5 дБ
  7. Чему равна разность фаз на выходах делителя мощности Уилкинсона в градусах?
    - а) 90
    - б) 180
    - в) 0
    - г) 270
  8. Чему равна разность фаз на выходах квадратурного делителя мощности в градусах?
    - а) 90
    - б) 180
    - в) 0
    - г) 270
  9. Чему равна разность фаз на выходах моста Ланге в градусах?
    - а) 90
    - б) 180
    - в) 0
    - г) 270
  10. Чему равен общий коэффициент шума трёх последовательно соединённых одинаковых усилителей с коэффициентами передачи 10 дБ, коэффициентом шума 3 дБ?
    - а) 6 дБ
    - б) 9 дБ
    - в) 3,14 дБ
    - г) 3,24 дБ
  11. Выберите условия возникновения колебаний в усилителе с коэффициентом передачи  $K_u$ , охваченным петлёй обратной связи с коэффициентом передачи  $L$ .
    - а)  $|K_u * L| > 1$
    - б)  $|K_u * L| = 1$
    - в)  $\arg(K_u * L) < 0$  г)  $\arg(K_u * L) = 0$
  12. Выберите условия возникновения колебаний в двухполюснике с коэффициентом

- отражения  $K_o$ , подключенного к нагрузке с коэффициентом отражения  $L$ .
- $|K_o \cdot L| > 1$
  - $|K_o \cdot L| = 1$
  - $\arg(K_o \cdot L) < 0$
  - $\arg(K_o \cdot L) = 0$
- Чему равна выходная мощность усилителя в дБмВт с коэффициентом передачи по напряжению 36 дБ, если входная мощность равна 25 мВт?
    - 40
    - 20
    - 23
    - 50
  - Чему равна выходная мощность усилителя в дБмВт с коэффициентом передачи по мощности 16 дБ, если входная мощность равна 2,5 мВт, а точка однодецибельной компрессии по выходу равна 19 дБмВт?
    - 20
    - 19
    - 21
    - 18
  - Как изменится волновое сопротивление коаксиальной линии, если у неё увеличить диаметр внутреннего проводника, оставив постоянным диаметр внешнего?
    - увеличиться
    - уменьшится
    - не изменится
  - Чему равно входное сопротивление четвертьволнового отрезка линии передачи сопротивлением 50 Ом, короткозамкнутого на конце?
    - 0
    - бесконечно
    - 50
    - 25
  - Чему равна электрическая длина полуволнового отрезка линии передачи в градусах?
    - 90
    - 45
    - 180
    - 270
  - Как изменится волновое сопротивление микрополосковой линии, если у неё увеличить толщину диэлектрической подложки, оставив постоянной ширину полоска?
    - увеличиться
    - уменьшится
    - не изменится
  - Сигналы с какой частотой присутствуют на выходе идеального смесителя, если на вход подаются сигнал с частотой  $f_c$  и гетеродин с частотой  $f_r$ , при условии  $f_r > f_c$ ?
    - $f_r - f_c$
    - $f_r + f_c$
    - $f_c - f_r$
    - $f_c$
    - $2f_r$
  - Сигналы с какой частотой присутствуют на выходе реального смесителя, если на вход подаются сигнал с частотой  $f_c$  и гетеродин с частотой  $f_r$ , при условии  $f_r < f_c$ ?
    - $f_r - f_c$
    - $f_r + f_c$
    - $f_c - f_r$
    - $f_c$
    - $f_r$

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

- Делитель мощности Уилкинсона. Схема, принцип работы и основные характеристики.
- Шлейфный делитель мощности. Схема, принцип работы и основные характеристики.

3. Кольцевой делитель мощности. Схема, принцип работы и основные характеристики.
4. Резонансные отрезки линии передачи. Эквивалентные схемы.
5. Четверть- и полуволновый трансформатор сопротивлений. Схема, принцип работы и основные характеристики.
6. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе сопротивлений (колебания тока).
7. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе проводимостей (колебания напряжения).
8. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе коэффициента отражения.
9. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе коэффициента усиления.
10. Условия устойчивости усилителя. Выбор сопротивлений нагрузки и генератора.
11. Круги равных параметров на диаграмме Вольперта-Смитта.
12. Максимальный доступный коэффициент усиления. Условия его обеспечения.
13. Фазовый шум. Физический смысл и влияние на него характеристик генератора.
14. Коэффициент усиления и коэффициент шума усилителя. Физический смысл и способ измерения.
15. Принцип работы смесителя. Условия возникновения преобразования.
16. Идеальный смеситель. Его параметры и характеристики.
17. Однодиодный смеситель. Схема, принцип работы и основные характеристики.
18. Балансный смеситель. Схема, принцип работы и основные характеристики.
19. Двойной балансный смеситель. Схема, принцип работы и основные характеристики.
20. Расчет коэффициента шума и коэффициента усиления каскадного соединения.
21. Схемы смещения (питания) активных элементов.
22. Эквивалентные схемы пассивных сосредоточенных элементов в СВЧ диапазоне.

### 9.1.3. Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки

1. Многопроводные линии передачи СВЧ.
2. Широкополосное согласование комплексных нагрузок. Критерии Бодэ-Фано.
3. Основы анализа спектра.
4. Основы скалярного анализа цепей.
5. Измерения мощности в диапазоне СВЧ.

### 9.1.4. Темы практических заданий

1. Рассчитайте многосекционный трансформатор с чебышевской характеристикой 4 порядка с пульсациями в полосе рабочих частот 0,05 дБ, центральной частотой 5 ГГц с сопротивлением генератора 50 Ом на сопротивление нагрузки 100 Ом.
2. Рассчитайте многосекционный трансформатор с максимально плоской характеристикой 5 порядка, центральной частотой 4 ГГц с сопротивлением генератора 50 Ом на сопротивление нагрузки 100 Ом.
3. Рассчитайте многосекционный направленный ответвитель. Исходные данные: Центральная частота –  $f_0 = 5$  ГГц; Диапазон частот анализа схемы –  $f_H = 1$  ГГц,  $f_B = 9$  ГГц; Количество секций –  $N = 5$ ; Ответвление –  $C_0 = 16$  дБ.
4. Рассчитайте фильтр нижних частот. Исходные данные: Частота среза фильтра –  $f_c = 5$  ГГц; Диапазон частот анализа схемы –  $f_H = 0,1$  ГГц,  $f_B = 9$  ГГц; Затухание на частоте  $f = 8$  ГГц – более 20 дБ; Тип характеристики фильтра – максимально плоская характеристика коэффициента передачи; Максимальное сопротивление линии  $Z_h = 120$  Ом; Минимальное сопротивление линии  $Z_l = 20$  Ом.
5. Рассчитайте полосно-пропускающий фильтр на связанных линиях. Исходные данные: Центральная частота –  $f_0 = 5$  ГГц; Относительная полоса пропускания – 10 % Диапазон частот анализа схемы –  $f_H = 2$  ГГц,  $f_B = 8$  ГГц; Затухание на частоте  $f = 8$  ГГц – более 20 дБ; Порядок фильтра  $N = 5$ ; Тип характеристики фильтра – чебышевская характеристика коэффициента передачи; Максимальная амплитуда пульсаций в полосе пропускания – 0,1 дБ.

### 9.1.5. Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ

1. Рассчитайте согласующую цепь на элементах со сосредоточенными параметрами для генератора сопротивлением 50 Ом, а нагрузки 120 Ом.
2. Рассчитайте Г-образную согласующую цепь на элементах со сосредоточенными параметрами для генератора сопротивлением  $25+j40$  Ом, а нагрузки 50 Ом.
3. Рассчитайте П-образную согласующую цепь на элементах со сосредоточенными параметрами для генератора сопротивлением  $50-j50$  Ом и нагрузки 120 Ом. Центральная частота 3 ГГц, полоса согласования 100 МГц.
4. Рассчитайте согласующую цепь на короткозамкнутом шлейфе для генератора сопротивлением 50 Ом, а нагрузки 25 Ом.
5. Рассчитайте согласующую цепь на шлейфе, нагруженном на холостой ход, для генератора сопротивлением 50 Ом, а нагрузки  $60+j15$  Ом

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль

в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает

работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими

научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для



индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из

практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров.

Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся                         | Виды дополнительных оценочных материалов  | Формы контроля и оценки результатов обучения   |
|---|---|--|
| С нарушениями слуха                           | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы                        | Преимущественно письменная проверка  |
| С нарушениями зрения                          | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам   | Преимущественно устная проверка (индивидуально)  |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата   | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами  |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы         | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах,

адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ  
протокол № 7 от « 4 » 6 2024 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                          | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ПИШ    | А.Г. Лоцилов      | Согласовано,<br>55af61de-b8ed-4780-<br>9ba6-8adedc18f4ec |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ | А.Г. Лоцилов      | Согласовано,<br>55af61de-b8ed-4780-<br>9ba6-8adedc18f4ec |
| Начальник учебного управления      | И.А. Лариошина    | Согласовано,<br>c3195437-a02f-4972-<br>a7c6-ab6ee1f21e73 |

### ЭКСПЕРТЫ:

|  |               |  |
|--|---------------|--|
| Доцент, каф. Передовая инженерная школа<br>"Электронное приборостроение и системы связи" им.<br>А.В. Кобзева                               | А.В. Фатеев   | Согласовано,<br>595be322-a579-4ae5-<br>8d93-e5f4ee9ceb7d |
| Заместитель директора по образованию, каф.<br>Передовая инженерная школа "Электронное<br>приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | Ю.В. Шульгина | Согласовано,<br>ea49db22-c3de-481e-<br>88a5-479145e4aa44 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                  |               |  |
|------------------|---------------|--|
| Доцент, каф. РСС | А.А. Трубачев | Разработано,<br>489cea5c-57ea-4da2-<br>8c9a-b5b34721ece3 |
|------------------|---------------|--|