**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# Основы проектирования микроволновых устройств

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Конструирование и технология наноэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2014, 2015 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 36 | 36 | часов |
| 2 | Лабораторные работы | 56 | 56 | часов |
| 3 | Всего аудиторных занятий | 92 | 92 | часов |
| 4 | Самостоятельная работа | 52 | 52 | часов |
| 5 | Всего (без экзамена) | 144 | 144 | часов |
| 6 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 180 | 180 | часов |
| | | 5.0 | 5.0 | З.Е |

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 19152

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 194 от «13» 1 2017 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного 12 ноября 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель каф. КУДР | _____ | С. А. Артищев |
| Профессор каф. КУДР | _____ | Н. Д. Малютин |
| Заведующий обеспечивающей каф. КУДР | _____ | А. Г. Лощилов |

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

| | | |
|---|---|---|
| Декан РКФ | _____ | Д. В. Озеркин |
| Заведующий выпускающей каф. КУДР | _____ | А. Г. Лощилов |

Эксперт:

| | | |
|---|---|---|
| Профессор каф. КУДР | _____ | С. Г. Еханин |

Согласована на портале № 19152

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Цель дисциплины состоит в подготовке к разработке, исследованию и эксплуатации приборов и устройств микроволновой техники на основе изучения базовых физических принципов функционирования основных микроволновых устройств.

### 1.2. Задачи дисциплины

- изучение основ теории распространения радиоволн
- моделирование объектов микроволновой техники и процессов в них
- приобретение навыков работы с пакетом автоматизированного проектирования AWR Design Environment

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы проектирования микроволновых устройств» (Б1.В.ДВ.7.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Введение в профессию, Интегральные устройства радиоэлектроники, Компьютерное моделирование процессов в РЭС, Моделирование и эксперимент в создании электронных средств, Теоретические основы электротехники, Экспериментальный анализ.

Последующими дисциплинами являются: Автоматизированное проектирование РЭС, Конструирование и технология микро- и наноэлектронных средств.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-1 способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники
- **уметь** применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и исследования радиотехнических устройств
- **владеть** типовыми программными средствами для автоматизации проектирования и моделирования радиоэлектронных цепей, устройств и систем

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 92 | 92 |
| Лекции | 36 | 36 |
| Лабораторные работы | 56 | 56 |
| Самостоятельная работа (всего) | 52 | 52 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 30 | 30 |
| Проработка лекционного материала | 22 | 22 |
| Всего (без экзамена) | 144 | 144 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость ч | 180 | 180 |
| Зачетные Единицы | 5.0 | 5.0 |

Согласована на портале № 19152

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лекции | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | | |
| 1 Основы теории связанных полосковых линий (СПЛ) с неуравновешенной электромагнитной связью. Классические и волновые матрицы СПЛ | 8 | 8 | 8 | 24 | ПК-1 |
| 2 Устройства СВЧ на связанных линиях: направленные ответвители, фильтры, делители | 8 | 12 | 10 | 30 | ПК-1 |
| 3 Управляемые устройства на СЛ: фазовращатели, аттенюаторы, корректоры АЧХ и ФЧХ | 6 | 8 | 10 | 24 | ПК-1 |
| 4 Методы измерения параметров устройств: в частотном диапазоне, импульсные измерения | 4 | 8 | 10 | 22 | ПК-1 |
| 5 Методы экстракции параметров устройств на связанных линиях | 4 | 8 | 8 | 20 | ПК-1 |
| 6 Применение САПР для проектирования устройств | 6 | 12 | 6 | 24 | ПК-1 |
| Итого за семестр | 36 | 56 | 52 | 144 | |
| Итого | 36 | 56 | 52 | 144 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 1 Основы теории связанных полосковых линий (СПЛ) с неуравновешенной электромагнитной связью. Классические и волновые матрицы СПЛ | История изучения связанных линий. Матрицы первичных параметров, их расчет. Телеграфные уравнения: связь с теорией цепей, получение телеграфных уравнений, решение. Особенности волновых процессов в связанных линиях с неуравновешенной электромагнитной связью. | 4 | ПК-1 |

Согласована на портале № 19152

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Матрица передачи и матрица рассеяния связанных линий. Конечно-разностная форма телеграфных уравнений, итерационный метод решения | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 2 Устройства СВЧ на связанных линиях: направленные ответвители, фильтры, делители | Три типы направленных ответвителей (НО) на связанных линиях (СЛ). Матричное описание НО. Конструкции связанных линий, применяемых при проектировании НО | 4 | ПК-1 |
| | Частотные характеристики НО на регулярных и нерегулярных СЛ. Импульсные характеристики. | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 3 Управляемые устройства на СЛ: фазовращатели, аттенюаторы, корректоры АЧХ и ФЧХ | Классификация управляемых устройств. Схемы и конструкции фазовращателей с постоянным фазовым сдвигом и линейно-зависимым фазовым сдвигом. Аттенюаторы на СЛ. | 4 | ПК-1 |
| | Коррекция фазы и коррекция амплитуды обрабатываемых сигналов в устройствах на СЛ. Проектирование. Особенности измерения параметров | 2 | |
| | Итого | 6 | |
| 4 Методы измерения параметров устройств: в частотном диапазоне, импульсные измерения | Измерение параметров устройств на векторных анализаторах цепей в статическом состоянии. Измерение переходных процессов в режиме быстрого управления. Импульсные измерения, в том числе оценка нелинейных искажений | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Методы экстракции параметров устройств на связанных линиях | Постановка задач экстракции как части проектных работ. Использование результатов для доработки моделей и в проектировании. Примеры экстракции частотной зависимости параметров: резистивных потерь, потерь в диэлектриках | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Применение САПР для проектирования устройств | Постановка задачи автоматизированного проектирования. Библиотеки элементов устройств: отрезков полосковых линий передачи, связанных линий, регулирующих элементов, развязывающих элементов, соединителей. | 4 | ПК-1 |

Согласована на портале № 19152

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Оптимизация разрабатываемых устройств с учетом заданных параметров и получаемых характеристик | 2 | |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 36 | |

**5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | |
| 1 Введение в профессию | | | | + | | |
| 2 Интегральные устройства радиоэлектроники | | + | | | | |
| 3 Компьютерное моделирование процессов в РЭС | | | | | + | + |
| 4 Моделирование и эксперимент в создании электронных средств | | | | + | + | |
| 5 Теоретические основы электротехники | + | | | | | |
| 6 Экспериментальный анализ | | | | + | + | |
| Последующие дисциплины | | | | | | |
| 1 Автоматизированное проектирование РЭС | | | | | | + |
| 2 Конструирование и технология микро- и наноэлектронных средств | | + | | | | + |

**5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий**

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| Компетенции | Виды занятий | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| | Лекции | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | |
| ПК-1 | + | + | + | Контрольная работа, Экзамен, Конспект самоподготовки, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа |

Согласована на портале № 19152

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 1 Основы теории связанных полосковых линий (СПЛ) с неуравновешенной электромагнитной связью. Классические и волновые матрицы СПЛ | Знакомство с САПР AWRDE, получение основных навыков построения и расчета характеристик принципиальных схем | 4 | ПК-1 |
| | Проектирование и оптимизация микроволновых устройств фильтров на связанных линиях передачи | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 2 Устройства СВЧ на связанных линиях: направленные ответвители, фильтры, делители | Исследование импульсных характеристик линии передачи | 4 | ПК-1 |
| | Исследование частотных характеристик ФНЧ | 4 | |
| | Расчет характеристик связанных полосковых линий передачи | 4 | |
| | Итого | 12 | |
| 3 Управляемые устройства на СЛ: фазовращатели, аттенюаторы, корректоры АЧХ и ФЧХ | Проектирование дискретного фазовращателя | 4 | ПК-1 |
| | Проектирование аналогового фазовращателя | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 4 Методы измерения параметров устройств: в частотном диапазоне, импульсные измерения | Исследование частотных характеристик в импульсном режиме | 4 | ПК-1 |
| | Исследование характеристик направленного ответвителя | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 5 Методы экстракции параметров устройств на связанных линиях | Экстракция параметров микрополосковой линии | 4 | ПК-1 |
| | Расчет матричных параметров отрезков связанных линий | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 6 Применение САПР для проектирования устройств | Расчет и оптимизация СВЧ цепей на элементах со сосредоточенными параметрами | 4 | ПК-1 |
| | Проектирование микроволновых | 4 | |

Согласована на портале № 19152

| | | | |
|---|---|---|---|
| | устройств с использованием средств электромагнитного моделирования | | |
| | Оптимизация характеристик микроволновых устройств | 4 | |
| | Итого | 12 | |
| Итого за семестр | | 56 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено РУП

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| 1 Основы теории связанных полосковых линий (СПЛ) с неуравновешенной электромагнитной связью. Классические и волновые матрицы СПЛ | Проработка лекционного материала | 4 | ПК-1 | Контрольная работа, Расчетная работа |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 8 | | |
| 2 Устройства СВЧ на связанных линиях: направленные ответвители, фильтры, делители | Проработка лекционного материала | 4 | ПК-1 | Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 6 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 3 Управляемые устройства на СЛ: фазовращатели, аттенюаторы, корректоры АЧХ и ФЧХ | Проработка лекционного материала | 4 | ПК-1 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Собеседование |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 6 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 4 Методы измерения параметров устройств: в частотном диапазоне, импульсные измерения | Проработка лекционного материала | 4 | ПК-1 | Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 6 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 5 Методы экстракции параметров устройств на связанных линиях | Проработка лекционного материала | 4 | ПК-1 | Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 8 | | |

Согласована на портале № 19152

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6 Применение САПР для проектирования устройств | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Конспект самоподготовки, Расчетная работа, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 6 | | |
| Итого за семестр | | 52 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 88 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | 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 |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| Контрольная работа | | | 10 | 10 |
| Отчет по лабораторной работе | | 10 | 10 | 20 |
| Расчетная работа | 20 | 10 | 10 | 40 |
| Итого максимум за период | 20 | 20 | 30 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 20 | 40 | 70 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

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

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |

Согласована на портале № 19152

| | | |
|---|---|---|
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Связанные полосковые линии и устройства на их основе. Часть 1: Учебное пособие / Малютин Н. Д., Семенов Э. В., Лощилов А. Г., Сычев А. Н. - 2012. 176 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1962, дата обращения: 02.05.2017.
2. Связанные полосковые линии и устройства на их основе. Часть 2: Учебное пособие / Малютин Н. Д., Семенов Э. В., Лощилов А. Г., Сычев А. Н. - 2012. 244 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1964, дата обращения: 02.05.2017.

### 12.2. Дополнительная литература

1. Измерение параметров ВЧ и СВЧ устройств с помощью векторных анализаторов цепей Р4-И-01 и Обзор-103: Методические указания / Малютин Н. Д., Семенов Э. В., Лощилов А. Г. - 2012. 71 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1959, дата обращения: 02.05.2017.

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Техническая электродинамика, Основы электродинамики и распространение радиоволн, Антенны и устройства СВЧ: Лабораторный практикум / Корогодов В. С., Козлов В. Г., Шостак А. С. - 2012. 137 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1319, дата обращения: 02.05.2017.
2. Техническая электродинамика: Учебный практикум / Корогодов В. С., Козлов В. Г., Шостак А. С. - 2012. 159 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1320, дата обращения: 02.05.2017.
3. Электродинамика и микроволновая техника: Методические указания по самостоятельной работе / Башкиров А. И. - 2012. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1499, дата обращения: 02.05.2017.

#### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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.

### 12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. http://www.awrcorp.com/resource-library
2. http://www.eurointech.ru

Согласована на портале № 19152

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории 316 главного корпуса ТУСУР, где имеется оборудование для проведения электрофизических измерений, а также в помещении СКБ «Смена» (ауд. 109 мк., 104 мк. ТУСУР), оснащенном необходимым научно-техническим оборудованием. Кроме того, часть заданий выполняется в компьютерном классе с количеством рабочих мест не менее 15.

#### 13.1.3. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, 2 этаж, ауд. 233. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Ce1егоп D336 2.8ГГц. - 5 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

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

## 14. Фонд оценочных средств

### 14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

Объём часов, предусмотренных учебным планом для изучения дисциплины, позволяет осветить только наиболее важные моменты и раскрыть базовые понятия при чтении лекций. Поэтому при реализации программы студенты должны работать самостоятельно как при повторении лекционного материала, так и при подготовке к лабораторным и практическим занятиям. Для обеспечения эффективного усвоения студентами материалов дисциплины необходимо на первом занятии познакомить их с основными положениями и требованиями рабочей программы, с подлежащими изучению темами, списком основной и дополнительной литературы, с положениями балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости. На лекциях необходимо обращать внимание на особенности применения рассматриваемого материала в последующих курсах, а также в будущей профессиональной деятельности. Для увеличения заинтересованности и повышения компетенций

Согласована на портале № 19152

студентов следует в учебном процессе применять интерактивные методы обучения.

### 14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

| Категории студентов | Виды дополнительных оценочных средств | 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, исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 19152

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# Основы проектирования микроволновых устройств

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Конструирование и технология наноэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
Курс: **4**
Семестр: **7**

Учебный план набора 2014, 2015 года

Разработчики:

- Старший преподаватель каф. КУДР С. А. Артищев
- Профессор каф. КУДР Н. Д. Малютин

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 19152

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ПК-1 | способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования | Должен знать стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники ;<br>Должен уметь применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и исследования радиотехнических устройств ;<br>Должен владеть типовыми программными средствами для автоматизации проектирования и моделирования радиоэлектронных цепей, устройств и систем ; |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования

Согласована на портале № 19152

компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | физические основы построения и функционирования активных и пассивных микроволновых элементов и устройств, основные методы измерения электрических параметров и характеристик активных и пассивных микроволновых элементов и устройств ; | проводить моделирование активных и пассивных микроволновых элементов и устройств с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием программ автоматизированного проектирования | навыками автоматизированного расчёта параметров и характеристик активных и пассивных микроволновых элементов и устройств в САПР |
| Виды занятий | • Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Собеседование;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Расчетная работа;<br>• Экзамен; | • Контрольная работа;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Собеседование;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Расчетная работа;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Расчетная работа;<br>• Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • физические основы функционирования активных и пассивных микроволновых устройств;<br>• основные методы измерения электрических параметров и характеристик активных и пассивных микроволновых устройств;<br>• алгоритмы стандартных пакетов прикладных программ, | • анализировать техническое задание, проводить соответствующие расчеты для синтеза схемы устройства, реализовывать устройство в САПР, корректировать модели для достижения требуемых характеристик; | • методикой расчета параметров устройств;<br>• навыками работы в САПР для проектирования РЭС;<br>• информацией о принципах симуляции работы устройств в САПР; |

Согласована на портале № 19152

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ориентированных на проектирование микроволновых устройств; | | |
| Хорошо (базовый уровень) | • методы разработки активных и пассивных микроволновых устройств с помощью стандартных пакетов прикладных программ;<br>• основные методы измерения электрических параметров и характеристик активных и пассивных микроволновых устройств; | • собрать заданную схему/топологию устройства в САПР, провести соответствующие расчеты для обеспечения требуемых характеристик; | • навыками работы в САПР для проектирования РЭС; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • основные виды активных и пассивных микроволновых устройств, а также методы измерения их электрических параметров и характеристик ; | • следовать инструкции по созданию модели устройства в САПР, отображать полученные характеристики; | • информацией о последовательности действий при проектировании устройств в САПР; |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

### 3.1 Вопросы на самоподготовку

- Принцип работы фазовращателя
- Классификация и свойства направленных ответвителей
- Варианты реализации топологии СВЧ-фильтров на связанных линиях

### 3.2 Вопросы на собеседование

- S-параметры, распространение волн, падающие и отраженные волны, частотные характеристики, импульсные характеристики, средства измерения частотных и импульсных характеристик

### 3.3 Экзаменационные вопросы

- 1. Первичные, вторичные и рабочие параметры линий передачи СВЧ колебаний.
- 2. Чем отличаются цепи с распределенными параметрами от цепей с сосредоточенными параметрами.
- 3. Эквивалентные схемы линий передачи СВЧ колебаний, связанных линий передачи.
- 4. Телеграфные уравнения для связанных полосковых линий передачи и их решение.
- 5. Матричные параметры одиночных и связанных линий передачи, двухполюсники, четырехполюсники, восьмиполюсники.
- 6. Дайте определение понятия частотно-селективного устройства (фильтра). Какие основные типы фильтров используются на практике. Покажите их частотные характеристики S21(f), S11(f).
- 7. Что такое ЭМ-модель?

Согласована на портале № 19152

– 8. Объясните процедуру создания ЭМ-модели.

– 9. Объясните физический смысл коэффициентов матрицы рассеяния S21 и S11. Покажите примеры графиков зависимости S21, S11 от частоты. В каких единицах измеряются S21, S11?

– 10. Как изменится электрическая длина полосковой линии передачи при изменении относительной диэлектрической проницаемости подложки?

– 11. Как изменится топология фильтра (ППФ, ФНЧ, ФВЧ, ПЗФ) при изменении относительной диэлектрической проницаемости подложки?

– 12. Как изменяются частотные зависимости коэффициентов S21, S11 при изменении относительной диэлектрической проницаемости?

– 13. Как изменится топология фильтра (ППФ, ФНЧ, ФВЧ, ПЗФ) при изменении толщины подложки?

– 14. Как изменятся частотные зависимости коэффициентов S21, S11 полосковой линии передачи при изменении толщины подложки при неизменной относительной диэлектрической проницаемости этой подложки?

– 15. Приведите пример топологии ППФ диапазона СВЧ, опишите принцип работы такого фильтра.

– 16. Приведите эквивалентную схему замещения фильтра (ФНЧ, ФВЧ).

– 17. Назовите основные технологические допуски, которыми необходимо руководствоваться при проектировании печатного СВЧ-устройства.

– 18. Что показывает КСВН? Дайте определение, диапазон возможных значений. Связь КСВН с S11.

– 19. Что такое децибел? Для измерения каких величин целесообразно использовать децибелы? Определите вносимое затухание в дБ, если амплитуда напряжения уменьшилась в 2 раза.

– 20. Принцип действия и основные параметры направленного противонаправленного ответвителя на связанных линиях. Приведите пример топологии.

– 21. Объясните назначение и принцип действия фазовращателя на связанных линиях. Какие типы фазовращателей СВЧ вы знаете?

– 22. Объясните принцип работы аттенюатора СВЧ. Приведите пример схемы и топологии аттенюатора СВЧ.

– 23. Какие типы матриц используются для описания параметров СВЧ линий передачи и устройств? Связь между различными матрицами.

– 24. Что такое согласованный режим работы четырехполюсника? Каковы условия согласования четырехполюсника с нагрузкой и источником сигнала?

– 25. Как определить число звеньев фильтра и номиналы элементов фильтра (L, C) в микроисполнении на подложке?

– 26. Что такое матрица рассеивания? Приведите определения S-параметров (S11, S12, S21, S22). Дайте определение взаимного и невзаимного четырехполюсника.

– 27. Общая характеристика современных САПР СВЧ устройств. Основные возможности САПР AWR (Microwave Office). Приведите пример вашего проекта.

– 28. Объясните, как пользоваться инструментом «Оптимизация» в программе Microwave Office.

– 29. От каких параметров полоскового фильтра зависят: ширина полосы пропускания, граничные частоты, крутизна характеристики?

– 30. Как определить число звеньев фильтра и размеры полосок фильтра?

### 3.4 Темы контрольных работ

– Контрольная работа №1

– Первичные, вторичные и рабочие параметры линий передачи СВЧ колебаний.

– Чем отличаются цепи с распределенными параметрами от цепей с сосредоточенными параметрами.

– Экваивалентные схемы линий передачи СВЧ колебаний, связанных линий передачи.

Согласована на портале № 19152

– Телеграфные уравнения для связанных полосковых линий передачи и их решение.

– Матричные параметры одиночных и связанных линий передачи, двухполюсники, четырехполюсники, восьмиполюсники.

– Что такое децибел? Для измерения каких величин целесообразно использовать децибелы? Определите вносимое затухание в дБ, если амплитуда напряжения уменьшилась в 2 раза.

– Контрольная работа №2

– Дайте определение понятия частотно-селективного устройства (фильтра). Какие основные типы фильтров используются на практике. Покажите их частотные характеристики S21(f), S11(f).

– Объясните физический смысл коэффициентов матрицы рассеяния S21 и S11. Покажите примеры графиков зависимости S21, S11 от частоты. В каких единицах измеряются S21, S11?

– От каких параметров полоскового фильтра зависят: ширина полосы пропускания, граничные частоты, крутизна характеристики?

– Как определить число звеньев фильтра и размеры полосок фильтра?

– Приведите эквивалентную схему замещения фильтра (ФНЧ, ФВЧ).

– Как изменится топология фильтра (ППФ, ФНЧ, ФВЧ, ПЗФ) при изменении толщины подложки?

### 3.5 Темы расчетных работ

– Знакомство с интерфейсом программы AWR DE. Построение графиков во временной и частотной областях

– Автоматизированное проектирование линии передачи AWR DE.

– Построение и анализ ФНЧ на элементах с сосредоточенными параметрами

– Построение и анализ полосового фильтра на связанных линиях

### 3.6 Темы лабораторных работ

– Исследование импульсных характеристик линии передачи

– Исследование частотных характеристик ФНЧ

– Исследование частотных характеристик в импульсном режиме

– Экстракция параметров микрополосковой линии

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Связанные полосковые линии и устройства на их основе. Часть 1: Учебное пособие / Малютин Н. Д., Семенов Э. В., Лощилов А. Г., Сычев А. Н. - 2012. 176 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1962, свободный.

2. Связанные полосковые линии и устройства на их основе. Часть 2: Учебное пособие / Малютин Н. Д., Семенов Э. В., Лощилов А. Г., Сычев А. Н. - 2012. 244 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1964, свободный.

### 4.2. Дополнительная литература

1. Измерение параметров ВЧ и СВЧ устройств с помощью векторных анализаторов цепей Р4-И-01 и Обзор-103: Методические указания / Малютин Н. Д., Семенов Э. В., Лощилов А. Г. - 2012. 71 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1959, свободный.

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Техническая электродинамика, Основы электродинамики и распространение радиоволн, Антенны и устройства СВЧ: Лабораторный практикум / Корогодов В. С., Козлов В. Г., Шостак А. С. - 2012. 137 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1319, свободный.

Согласована на портале № 19152

2. Техническая электродинамика: Учебный практикум / Корогодов В. С., Козлов В. Г., Шостак А. С. - 2012. 159 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1320, свободный.

3. Электродинамика и микроволновая техника: Методические указания по самостоятельной работе / Башкиров А. И. - 2012. 20 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1499, свободный.

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. http://www.awrcorp.com/resource-library
2. http://www.eurointech.ru

Согласована на портале № 19152