**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

# Автоматизированное проектирование СВЧ устройств

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки (специальность): **11.04.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Радиотехнические устройства и комплексы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 3 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 18 | 18 | часов |
| 2 | Практические занятия | 20 | 20 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 20 | 20 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 58 | 58 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 122 | 122 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 180 | 180 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 180 | 180 | часов |
| | | 5.0 | 5.0 | З.Е |

Дифференцированный зачет: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 22631

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 3 от «20» 10 2017 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.01 Радиотехника, утвержденного 30 октября 2014 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент каф. ТОР _____ В. Д. Дмитриев

Заведующий обеспечивающей каф.
ТОР _____ А. А. Гельцер

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

Декан РТФ _____ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф.
РТС _____ С. В. Мелихов

Эксперт:

доцент Каф. ТОР _____ С. И. Богомолов

Согласована на портале № 22631

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Автоматизированное проектирование СВЧ устройств» является освоение общих принципов построения и функционирования СВЧ устройств, этапов расчета и проектирования узлов, методов расчета характеристик этих узлов, а также вопросов их проектирования с помощью современных программ САПР. Кроме того, целью преподавания дисциплины является ознакомление с современными российскими и международными разработками СВЧ устройств для систем связи, радиолокации, радионавигации.

### 1.2. Задачи дисциплины

– В результате изучения настоящей дисциплины у магистрантов должны сформироваться знания, умения и навыки, позволяющие проводить анализ, моделирование, расчет и проектирование активных и пассивных СВЧ устройств. Приобретенные студентами знания и навыки необходимы для грамотной разработки и проектирования современных и перспективных СВЧ устройств, удовлетворяющих мировым стандартам.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Автоматизированное проектирование СВЧ устройств» (Б1.В.ОД.3) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Микроволновая техника, Проектирование радиотехнических систем, Радиотехнические системы передачи информации, Теория и техника радиолокации и радионавигации, Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения;

– ОПК-4 способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области;

– ПК-3 способностью разрабатывать и обеспечивать программную реализацию эффективных алгоритмов решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** основные возможности современных систем САПР в области проектирования радиоэлектронных устройств СВЧ диапазона; - методы и алгоритмы проектирования линейных и нелинейных радиотехнических устройств с сосредоточенными и распределенными параметрами и методологию их использования; - основные принципы построения пассивных и активных СВЧ устройств

– **уметь** - решать задачи моделирования, оптимизации и синтеза линейных и нелинейных СВЧ устройств; - решать задачи автоматизированного проектирования СВЧ устройств; - выполнять проектные процедуры по генерации топологических проектов и их верификации; - пользоваться системными подходами при построении и исследовании моделей сложных радиотехнических систем.

– **владеть** - навыками практической работы с лабораторными макетами узлов СВЧ устройств, а также с современной измерительной аппаратурой.

## 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 |
|---|---|---|
| | | 3 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 58 | 58 |

Согласована на портале № 22631

| | | |
|---|---|---|
| Лекции | 18 | 18 |
| Практические занятия | 20 | 20 |
| Лабораторные работы | 20 | 20 |
| Самостоятельная работа (всего) | 122 | 122 |
| Выполнение расчетных работ | 42 | 42 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 20 | 20 |
| Проработка лекционного материала | 40 | 40 |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 20 | 20 |
| Всего (без экзамена) | 180 | 180 |
| Общая трудоемкость ч | 180 | 180 |
| Зачетные Единицы | 5.0 | 5.0 |

## 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 | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | | | |
| 1 1)Введение. Основные понятия и определения СВЧ устройств; 2)Системы автоматизированного проектирования СВЧ устройств (AWR и ADS); 3)Пассивные СВЧ элементы и их модели; 4)Активные СВЧ элементы и их модели; 5)СВЧ пассивные устройства, согласующие цепи и фильтры; 6)Малошумящие СВЧ усилители; 7)СВЧ усилители мощности; 8)СВЧ усилители мощности; 9)Радиоприемные и передающие СВЧ тракты. | 18 | 20 | 20 | 122 | 180 | ОПК-1, ОПК-4, ПК-3 |
| Итого за семестр | 18 | 20 | 20 | 122 | 180 | |
| Итого | 18 | 20 | 20 | 122 | 180 | |

Согласована на портале № 22631

**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 |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 1 1)Введение. Основные понятия и определения СВЧ устройств; 2)Системы автоматизированного проектирования СВЧ устройств (AWR и ADS); 3)Пассивные СВЧ элементы и их модели; 4)Активные СВЧ элементы и их модели; 5)СВЧ пассивные устройства, согласующие цепи и фильтры; 6)Малошумящие СВЧ усилители; 7)СВЧ усилители мощности; 8)СВЧ усилители мощности; 9)Радиоприемные и передающие СВЧ тракты. | Предмет и задачи курса. Основные понятия и определения СВЧ устройств. | 2 | ОПК-1, ОПК-4, ПК-3 |
| | Ознакомление с современными пакетами САПР для расчета и проектирования СВЧ устройств AWR и ADS.Основные пакеты программ и используемые методы расчета. Отличительные особенности и возможности по расчету основных характеристик СВЧ устройств. Основные СВЧ пассивные элементы: резисторы, конденсаторы, индуктивности, микрополосковые линии передачи. Модели реальных элементов. Представление с помощью волновых параметров рассеяния ( S- параметров).Основные активные элементы: диоды, биполярные и полевые транзисторы. Линейные и нелинейные модели. Особенности представления моделей в программах САПР. Эмпирические модели биполярных и полевых транзисторов. Методы определения параметров линейных и нелинейных моделей на основе S-параметров и вольт-амперных характеристик.Пассивные СВЧ устройства: делители, сумматоры, аттенюаторы, направленные ответвители. Основные параметры и методики расчета. Назначение согласующих цепей и их представление с помощью L, C-элементов и микрополосковых линий. СВЧ фильтры и их основные характеристики. Особенности проектирования с помощью программ САПР, с применением программ электро-магнитного анализа. Особенности расчета и проектирования МШУ. Коэффициент шума, условия согласования на минимум коэффициента шума. Определение динамических характеристик на основе метода функциональных рядов Вольтера. Расчет основных характеристик(коэффициент | 16 | |

Согласована на портале № 22631

| | | | |
|---|---|---|---|
| | усиления, коэффициент шума, динамических параметров IP3 и IP2 ) с помощью САПР.Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности: классы А, АВ, В и С. Коэффициент полезного действия, особенности расчета выходных цепей на максимальную мощность. Основные нелинейные искажения: сжатие коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения. Основные схемы СВЧ усилителей.Область применения, основные характеристики: коэффициент преобразования, зеркальный канал. СВЧ смесители на диодах и транзисторах. Балансные и кольцевые смесители. Фазовый метод подавления зеркального канала.Особенности построения СВЧ приемных трактов. Динамический диапазон и способы его определения с помощью САПР. Особенности построения СВЧ передающих трактов и возможности расчета основных характеристик. | | |
| | Итого | 18 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

**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 |
| Предшествующие дисциплины | |
| 1 Микроволновая техника | + |
| 2 Проектирование радиотехнических систем | + |
| 3 Радиотехнические системы передачи информации | + |
| 4 Теория и техника радиолокации и радионавигации | + |
| 5 Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем | + |

Согласована на портале № 22631

**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 | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | |
| ОПК-1 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Конспект самоподготовки, Проверка контрольных работ, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Выступление (доклад) на занятии, Реферат, Отчет по практическому занятию |
| ОПК-4 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Конспект самоподготовки, Проверка контрольных работ, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Выступление (доклад) на занятии, Реферат, Отчет по практическому занятию |
| ПК-3 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Конспект самоподготовки, Проверка контрольных работ, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Выступление (доклад) на занятии, Реферат, Отчет по практическому занятию |

**6. Интерактивные методы и формы организации обучения**

Не предусмотрено РУП

Согласована на портале № 22631

## 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 |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 1 1)Введение. Основные понятия и определения СВЧ устройств; 2)Системы автоматизированного проектирования СВЧ устройств (AWR и ADS); 3)Пассивные СВЧ элементы и их модели; 4)Активные СВЧ элементы и их модели; 5)СВЧ пассивные устройства, согласующие цепи и фильтры; 6)Малошумящие СВЧ усилители; 7)СВЧ усилители мощности; 8)СВЧ усилители мощности; 9)Радиоприемные и передающие СВЧ тракты. | Расчет и проектирование узкополосных и широкополосных СВЧ фильтров.Расчет и проектирование согласующих цепей.Расчет и проектирование МШУ.Расчет и проектирование СВЧ усилителя мощности.Построение приемного тракта и определение основных его характеристик | 20 | ОПК-1, ОПК-4, ПК-3 |
| | Итого | 20 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 1 1)Введение. Основные понятия и определения СВЧ устройств; 2)Системы автоматизированного проектирования СВЧ устройств (AWR и ADS); 3)Пассивные СВЧ элементы и их модели; 4)Активные СВЧ элементы и их модели; 5)СВЧ пассивные устройства, согласующие цепи и фильтры; 6)Малошумящие СВЧ усилители; 7)СВЧ усилители мощности; 8)СВЧ усилители мощности; 9)Радиоприемные и передающие СВЧ тракты. | Определение элементов линейных эквивалентных моделей биполярных и полевых транзисторов. Расчет СВЧ фильтров (ФНЧ. ФВЧ, ППФ) и согласующих цепей.Расчет СВЧ усилителей на основе S-параметров и линейных эквивалентных моделей.Выбор нелинейных моделей биполярных и полевых транзисторов. Расчет основных энергетических параметров СВЧ усилителей мощности.Расчет динамических характеристик СВЧ приемного тракта | 20 | ОПК-1, ОПК-4, ПК-3 |
| | Итого | 20 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

Согласована на портале № 22631

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | |
| 1 1)Введение. Основные понятия и определения СВЧ устройств; 2)Системы автоматизированного проектирования СВЧ устройств (AWR и ADS); 3)Пассивные СВЧ элементы и их модели; 4)Активные СВЧ элементы и их модели; 5)СВЧ пассивные устройства, согласующие цепи и фильтры; 6)Малошумящие СВЧ усилители; 7)СВЧ усилители мощности; 8)СВЧ усилители мощности; 9)Радиоприемные и передающие СВЧ тракты. | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса | 20 | ОПК-1, ОПК-4, ПК-3 | Выступление (доклад) на занятии, Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Реферат, Собеседование |
| | Проработка лекционного материала | 40 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 20 | | |
| | Выполнение расчетных работ | 42 | | |
| | Итого | 122 | | |
| Итого за семестр | | 122 | | |
| Итого | | 122 | | |

### 9.1. Темы для самостоятельного изучения теоретической части курса

1. Ознакомление с современными пакетами САПР для расчета и проектирования СВЧ устройств AWR и ADS.Основные пакеты программ и используемые методы расчета. Отличительные особенности и возможности по расчету основных характеристик СВЧ устройств.

### 9.2. Вопросы на проработку лекционного материала

1. Особенности расчета и проектирования МШУ. Коэффициент шума, условия согласования на минимум коэффициента шума. Определение динамических характеристик на основе метода функциональных рядов Вольтера. Расчет основных характеристик(коэффициент усиления, коэффициент шума, динамических параметров IP3 и IP2 ) с помощью САПР.
2. Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности: классы А, АВ, В и С. Коэффициент полезного действия, особенности расчета выходных цепей на максимальную мощность. Основные нелинейные искажения: сжатие коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения. Основные схемы СВЧ усилителей .

### 9.3. Темы расчетных работ

1. Расчет СВЧ фильтров (ФНЧ. ФВЧ, ППФ) и согласующих цепей.
2. Расчет основных энергетических параметров СВЧ усилителей мощности.

Согласована на портале № 22631

3. Расчет динамических характеристик СВЧ приемного тракта

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | |
| Выступление (доклад) на занятии | 3 | 4 | 3 | 10 |
| Домашнее задание | 3 | 4 | 3 | 10 |
| Конспект самоподготовки | 5 | 5 | 4 | 14 |
| Контрольная работа | 4 | 4 | 2 | 10 |
| Опрос на занятиях | 2 | 2 | 1 | 5 |
| Отчет по лабораторной работе | 8 | 8 | 4 | 20 |
| Отчет по практическому занятию | 2 | 2 | 1 | 5 |
| Расчетная работа | 4 | 4 | 2 | 10 |
| Реферат | 4 | 4 | 3 | 11 |
| Собеседование | 2 | 2 | 1 | 5 |
| Итого максимум за период | 37 | 39 | 24 | 100 |
| Нарастающим итогом | 37 | 76 | 100 | 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 № 22631

| | | |
|---|---|---|
| 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. Дмитриев Е.Е.Основы моделирования в Microwave Office 2009.[Электронный ресурс]:-2011,176с. [Электронный ресурс]. - http://www.eurointech.ru/products/AWR/Dmitriev_mwo_2009_1.pdf

### 12.2. Дополнительная литература

1. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. Под ред. В.Д. Разевига.-М. Солон-Пресс, 2003,-496с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 14 экз.)

2. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи/ Л.Г. Гасанов, А.А, Липатов, В.В. Марков, Н.А. Могильченко.-М.: Радио и связь, 1988.-288с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 7 экз.)

3. Машинное проектирование СВЧ устройств: Пер. с англ./ К.Гупта, Р. Гарж, Р.Чадха. М.: Радио и связь, 1987.-428с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 23 экз.)

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Разработка устройств для систем беспроводной связи: Учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы / Шибельгут А. А., Дмитриев В. Д., Рогожников Е. В. - 2014. 37 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4027, дата обращения: 13.11.2017.

2. Разработка устройств для систем беспроводной связи: Учебно–методическое пособие к лабораторным работам для студентов радиотехнического факультета 210700 – “Инфокоммуникационные технологии и системы связи” / Рогожников Е. В. - 2014. 24 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4026, дата обращения: 13.11.2017.

#### 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. 1. Операционные системы Windows, Linux.
2. 2. Пакет программ САПР Advanced Design System (ADS), AWR Microwave Office.

Согласована на портале № 22631

## 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 используется учебная аудитория 418 радиотехнического корпуса с числом посадочных мест не менее 50, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 3 этаж, ауд. 309. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. -12 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft Office Access 2003; VirtualBox 6.2. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

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

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 3 этаж, ауд. 318. Состав оборудования: Учебная мебель; Экран с электроприводом DRAPER BARONET – 1 шт.; Мультимедийный проектор TOSHIBA – 1 шт.; Компьютеры класса не ниже Intel Pentium G3220 (3.0GHz/4Mb)/4GB RAM/ 500GB с широкополосным доступом в Internet, с мониторами типа Samsung 18.5" S19C200N– 18 шт.; Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft SQL-Server 2005; ADS 2015.

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

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 47, 1 этаж, ауд. 126. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 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.

Согласована на портале № 22631

## 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.

### 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:**

Согласована на портале № 22631

- 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 № 22631

**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

# Автоматизированное проектирование СВЧ устройств

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки (специальность): **11.04.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Радиотехнические устройства и комплексы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **2**
Семестр: **3**

Учебный план набора 2018 года

Разработчик:
- доцент каф. ТОР В. Д. Дмитриев

Дифференцированный зачет: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 22631

## 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 |
|---|---|---|
| ОПК-1 | способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения | Должен знать основные возможности современных систем САПР в области проектирования радиоэлектронных устройств СВЧ диапазона; - методы и алгоритмы проектирования линейных и нелинейных радиотехнических устройств с сосредоточенными и распределенными параметрами и методологию их использования; - основные принципы построения пассивных и активных СВЧ устройств ;<br>Должен уметь - решать задачи моделирования, оптимизации и синтеза линейных и нелинейных СВЧ устройств; - решать задачи автоматизированного проектирования СВЧ устройств; - выполнять проектные процедуры по генерации топологических проектов и их верификации; - пользоваться системными подходами при построении и исследовании моделей сложных радиотехнических систем. ;<br>Должен владеть - навыками практической работы с лабораторными макетами узлов СВЧ устройств, а также с современной измерительной аппаратурой. ; |
| ОПК-4 | способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области | |
| ПК-3 | способностью разрабатывать и обеспечивать программную реализацию эффективных алгоритмов решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования | |

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 |

Согласована на портале № 22631

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 ОПК-1

ОПК-1: способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования 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 | основные проблемы в области проектирования СВЧ устройств; тенденции развития в области проектирования СВЧ устройств. | выбирать методы и средства их решения при анализе и расчете СВЧ устройств осуществлять поиск и анализ информации, представленной в различных источниках по методам проектирования САПР СВЧ. | навыками работы с технической документации в своей предметной области; навыками самостоятельной работы на компьютере и в компьютерных сетях. |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Домашнее задание;<br>• Экзамен;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Собеседование;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Расчетная работа;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Реферат;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Дифференцированный зачет; | • Контрольная работа;<br>• Домашнее задание;<br>• Экзамен;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Собеседование;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Расчетная работа;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Реферат;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Дифференцированный зачет; | • Домашнее задание;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Экзамен;<br>• Расчетная работа;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Реферат;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Дифференцированный зачет; |

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|

Согласована на портале № 22631

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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; |

**2.2 Компетенция ОПК-4**

ОПК-4: способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | новые знания в области проектирования СВЧ устройств; тенденции развития в своей предметной области. | использовать в практической деятельности новые знания и умения; самостоятельно осуществлять поиск и анализ информации в своей предметной области. | навыками работы с технической документацией в практической деятельности; навыками самостоятельно приобретать новые знания и умения при расчете СВЧ устройств. |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Домашнее задание;<br>• Экзамен;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Собеседование;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Расчетная работа; | • Контрольная работа;<br>• Домашнее задание;<br>• Экзамен;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Собеседование;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Расчетная работа; | • Домашнее задание;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Экзамен;<br>• Расчетная работа;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Реферат;<br>• Отчет по практическому занятию; |

Согласована на портале № 22631

| | | | |
|---|---|---|---|
| | • Выступление (доклад) на занятии;<br>• Реферат;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Дифференцированный зачет; | • Выступление (доклад) на занятии;<br>• Реферат;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Дифференцированный зачет; | • Дифференцированный зачет; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | 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; |

### 2.3 Компетенция ПК-3

ПК-3: способностью разрабатывать и обеспечивать программную реализацию эффективных алгоритмов решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | алгоритмы решения задач в САПР СВЧ. | разрабатывать и обеспечивать программную реализацию сформулированных задач при расчете и проектировании СВЧ устройств. | навыками программирования современными языками |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |

Согласована на портале № 22631

| | | | |
|---|---|---|---|
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Домашнее задание;<br>• Экзамен;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Собеседование;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Расчетная работа;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Реферат;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Дифференцированный зачет; | • Контрольная работа;<br>• Домашнее задание;<br>• Экзамен;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Собеседование;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Расчетная работа;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Реферат;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Дифференцированный зачет; | • Домашнее задание;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Экзамен;<br>• Расчетная работа;<br>• Выступление (доклад) на занятии;<br>• Реферат;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Дифференцированный зачет; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | 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; | • навыками разработки эффективных алгоритмов с использованием современных языков программирования; |
| 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; | • посредственно навыками разработки эффективных алгоритмов с использованием современных языков программирования; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Обладает базовыми общими знаниями; | • Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач; | • хотя бы одним навыком разработки эффективных алгоритмов с использованием современных языков программирования; |

## 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

– Ознакомление с современными пакетами САПР для расчета и проектирования СВЧ устройств AWR и ADS.Основные пакеты программ и используемые методы расчета. Отличительные особенности и возможности по расчету основных характеристик СВЧ устройств.

– Особенности расчета и проектирования МШУ. Коэффициент шума, условия согласования на минимум коэффициента шума. Определение динамических характеристик на основе метода

Согласована на портале № 22631

функциональных рядов Вольтера. Расчет основных характеристик(коэффициент усиления, коэффициент шума, динамических параметров IP3 и IP2 ) с помощью САПР.

– Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности: классы А, АВ, В и С. Коэффициент полезного действия, особенности расчета выходных цепей на максимальную мощность. Основные нелинейные искажения: сжатие коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения. Основные схемы СВЧ усилителей .

### 3.2 Темы рефератов

– Особенности расчета и проектирования МШУ. Коэффициент шума, условия согласования на минимум коэффициента шума. Определение динамических характеристик на основе метода функциональных рядов Вольтера. Расчет основных характеристик(коэффициент усиления, коэффициент шума, динамических параметров IP3 и IP2 ) с помощью САПР.

– Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности: классы А, АВ, В и С. Коэффициент полезного действия, особенности расчета выходных цепей на максимальную мощность. Основные нелинейные искажения: сжатие коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения. Основные схемы СВЧ усилителей .

### 3.3 Темы домашних заданий

– Особенности расчета и проектирования МШУ. Коэффициент шума, условия согласования на минимум коэффициента шума. Определение динамических характеристик на основе метода функциональных рядов Вольтера. Расчет основных характеристик(коэффициент усиления, коэффициент шума, динамических параметров IP3 и IP2 ) с помощью САПР.

– Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности: классы А, АВ, В и С. Коэффициент полезного действия, особенности расчета выходных цепей на максимальную мощность. Основные нелинейные искажения: сжатие коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения. Основные схемы СВЧ усилителей .

### 3.4 Вопросы на собеседование

– Особенности расчета и проектирования МШУ. Коэффициент шума, условия согласования на минимум коэффициента шума. Определение динамических характеристик на основе метода функциональных рядов Вольтера. Расчет основных характеристик(коэффициент усиления, коэффициент шума, динамических параметров IP3 и IP2 ) с помощью САПР.

– Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности: классы А, АВ, В и С. Коэффициент полезного действия, особенности расчета выходных цепей на максимальную мощность. Основные нелинейные искажения: сжатие коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения. Основные схемы СВЧ усилителей .

### 3.5 Темы опросов на занятиях

– Типовые вопросы теста по теме «КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ СВЧ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ»:

– В системе Z- параметров токи и напряжения связаны соотношениями:

– В системе Y- параметров токи и напряжения связаны соотношениями:

– Y- параметры называют параметрами:

– Z- параметры называют параметрами:

– S-параметры связывают падающие и отраженные волны соотношениями:

– Типовые вопросы теста по теме «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ МОДЕЛИ СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ»:

– Граничная частота fT определяется как частота, на которой:

– Максимальная частота fMAX определяется как частота, на которой:

– Граничная частота fT для полевых СВЧ транзисторов в первую очередь определяется следующими параметрами эквивалентной модели:

– Граничная частота fT для биполярных СВЧ транзисторов в первую очередь определяется следующими параметрами эквивалентной модели:

– Шумовые параметры СВЧ полевых транзисторов в первую очередь определяется следующими параметрами эквивалентной модели:

Согласована на портале № 22631

– Шумовые параметры СВЧ биполярных транзисторов в первую очередь определяется следующими параметрами эквивалентной модели:

– Типовые вопросы теста по теме «ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЧ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ»:

– Чувствительность приемного устройства это:

– Динамический диапазон СВЧ приемника определяется как:

– Сквозной коэффициент передачи определяется как:

– Избирательность по зеркальному каналу определяется:

– Супергетеродинный приемник включает в себя следующие узлы:

– Типовые вопросы теста по теме «СВЧ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ»:

– Режимы работы выходных каскадов усилителей мощности:

– Выходная мощность зависит от следующих параметров транзисторов:

– Коэффициент полезного действия определяется как:

– Коэффициент интермодуляционных искажений определяется как:

### 3.6 Темы контрольных работ

– Основные характеристики и построение СВЧ фильтров

– Волновая матрица рассеяния четырёхполюсника и её основные свойства

– Измерение S-параметров

– Связь S-параметров с классическими параметрами Y, Z, A и H

– Определение входного и выходного сопротивления СВЧ четырёхполюсников

– Коэффициент усиления по мощности четырёхполюсников

– Определение частотных характеристик СВЧ биполярных и полевых транзисторов

– Модели СВЧ биполярных и полевых транзисторов в системах САПР СВЧ

– Определение элементов эквивалентной схемы биполярных транзисторов на основе S-параметров

– Определение элементов эквивалентной схемы полевых транзисторов на основе S-параметров

– Схемы построения СВЧ усилителей и их моделирование в программах САПР СВЧ

– СВЧ смесители: основные характеристики и схемы построения в программах САПР СВЧ

– СВЧ приемные устройства: основные характеристики и схемы построения в программах САПР СВЧ

– СВЧ передающие устройства: основные характеристики и схемы построения в программах САПР СВЧ

### 3.7 Темы докладов

– Особенности расчета и проектирования МШУ. Коэффициент шума, условия согласования на минимум коэффициента шума. Определение динамических характеристик на основе метода функциональных рядов Вольтера. Расчет основных характеристик(коэффициент усиления, коэффициент шума, динамических параметров IP3 и IP2 ) с помощью САПР.

– Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности: классы A, AB, B и C. Коэффициент полезного действия, особенности расчета выходных цепей на максимальную мощность. Основные нелинейные искажения: сжатие коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения. Основные схемы СВЧ усилителей .

### 3.8 Экзаменационные вопросы

– Список типовых экзаменационных вопросов:

– 1. ПАРАМЕТРЫ СВЧ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ. S-параметры пассивных и активных четырехполюсников. Взаимосвязь с классическими параметрами. Физический смысл S-параметров. Определение входного и выходного сопротивления СВЧ четырехполюсников.

– 2. ПАССИВНЫЕ СВЧ ЭЛЕМЕНТЫ. Основные СВЧ пассивные элементы: резисторы, конденсаторы, индуктивности, микрополосковые линии передачи. Модели реальных элементов. Представление с помощью волновых параметров рассеяния (S- параметров).

Согласована на портале № 22631

– 3. АКТИВНЫЕ СВЧ ЭЛЕМЕНТЫ. Основные активные элементы: диоды, биполярные и полевые транзисторы. Линейные и нелинейные модели. Особенности представления моделей в программах САПР.

– 4. ОРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ. Эмпирические модели биполярных и полевых транзисторов. Методы определения параметров линейных и нелинейных моделей на основе S-параметров и вольтамперных характеристик.

– 5. ПАССИВНЫЕ СВЧ УСТРОЙСТВА. Пассивные СВЧ устройства: делители, сумматоры, аттенюаторы, направленные ответвители. Основные параметры и методики расчета.

– 6. СОГЛАСУЮЩИЕ ЦЕПИ. Назначение согласующих цепей и их представление с помощью L, C-элементов и микрополосковых линий. СВЧ фильтры и их основные характеристики. Особенности проектирования с помощью программ САПР, с применением программ электро-магнитного анализа.

– 7. МАЛОШУМЯЩИЕ УСИЛИТЕЛИ. Особенности расчета и проектирования МШУ. Коэффициент шума, условия согласования на минимум коэффициента шума. Определение динамических характеристик на основе метода функциональных рядов Вольтера. Расчет основных характеристик(коэффициент усиления, коэффициент шума, динамических параметров IP3 и IP2 ) с помощью САПР.

– 8. СВЧ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ. Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности: классы А, АВ, В и С. Коэффициент полезного действия, особенности расчета выходных цепей на максимальную мощность. Основные нелинейные искажения: сжатие коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения. Основные схемы СВЧ усилителей.

– 9. СВЧ СМЕСИТЕЛИ. Область применения, основные характеристики: коэффициент преобразования, зеркальный канал. СВЧ смесители на диодах и транзисторах. Балансные и кольцевые с

– месители. Фазовый метод подавления зеркального канала.

– 10. СВЧ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИЕ ТРАКТЫ. Особенности построения СВЧ приемных трактов. Динамический диапазон и способы его определения с помощью САПР. Особенности построения СВЧ передающих трактов и возможности расчета основных характеристик.

**3.9 Темы контрольных работ**

– 1. ПАРАМЕТРЫ СВЧ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ. S-параметры пассивных и активных четырехполюсников. Взаимосвязь с классическими параметрами. Физический смысл S-параметров. Определение входного и выходного сопротивления СВЧ четырехполюсников.

– 2. ПАССИВНЫЕ СВЧ ЭЛЕМЕНТЫ. Основные СВЧ пассивные элементы: резисторы, конденсаторы, индуктивности, микрополосковые линии передачи. Модели реальных элементов. Представление с помощью волновых параметров рассеяния (S- параметров).

– 3. АКТИВНЫЕ СВЧ ЭЛЕМЕНТЫ. Основные активные элементы: диоды, биполярные и полевые транзисторы. Линейные и нелинейные модели. Особенности представления моделей в программах САПР.

– 4. ОРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ. Эмпирические модели биполярных и полевых транзисторов. Методы определения параметров линейных и нелинейных моделей на основе S-параметров и вольтамперных характеристик.

– 5. ПАССИВНЫЕ СВЧ УСТРОЙСТВА. Пассивные СВЧ устройства: делители, сумматоры, аттенюаторы, направленные ответвители. Основные параметры и методики расчета.

– 6. СОГЛАСУЮЩИЕ ЦЕПИ. Назначение согласующих цепей и их представление с помощью L, C-элементов и микрополосковых линий. СВЧ фильтры и их основные характеристики. Особенности проектирования с помощью программ САПР, с применением программ электро-магнитного анализа.

– 7. МАЛОШУМЯЩИЕ УСИЛИТЕЛИ. Особенности расчета и проектирования МШУ. Коэффициент шума, условия согласования на минимум коэффициента шума. Определение динамических характеристик на основе метода функциональных рядов Вольтера. Расчет основных характеристик(коэффициент усиления, коэффициент шума, динамических параметров IP3 и IP2 ) с помощью САПР.

Согласована на портале № 22631

– 8. СВЧ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ. Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности: классы А, АВ, В и С. Коэффициент полезного действия, особенности расчета выходных цепей на максимальную мощность. Основные нелинейные искажения: сжатие коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения. Основные схемы СВЧ усилителей.

– 9. СВЧ СМЕСИТЕЛИ. Область применения, основные характеристики: коэффициент преобразования, зеркальный канал. СВЧ смесители на диодах и транзисторах. Балансные и кольцевые с

– месители. Фазовый метод подавления зеркального канала.

– 10. СВЧ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИЕ ТРАКТЫ. Особенности построения СВЧ приемных трактов. Динамический диапазон и способы его определения с помощью САПР. Особенности построения СВЧ передающих трактов и возможности расчета основных характеристик.

### 3.10 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

– Определение элементов линейных эквивалентных моделей биполярных и полевых транзисторов.

– Расчет СВЧ фильтров (ФНЧ. ФВЧ, ППФ) и согласующих цепей.

– Расчет СВЧ усилителей на основе S-параметров и линейных эквивалентных моделей.

– Выбор нелинейных моделей биполярных и полевых транзисторов. Расчет основных энергетических параметров СВЧ усилителей мощности.

– Расчет динамических характеристик СВЧ приемного тракта

### 3.11 Темы расчетных работ

– Расчет СВЧ фильтров (ФНЧ. ФВЧ, ППФ) и согласующих цепей.

– Расчет основных энергетических параметров СВЧ усилителей мощности.

– Расчет динамических характеристик СВЧ приемного тракта

### 3.12 Темы лабораторных работ

– Расчет и проектирование узкополосных и широкополосных СВЧ фильтров.

– Расчет и проектирование согласующих цепей.

– Расчет и проектирование МШУ.

– Расчет и проектирование СВЧ усилителя мощности.

– Построение приемного тракта и определение основных его характеристик

### 3.13 Вопросы дифференцированного зачета

– Основные характеристики и построение СВЧ фильтров

– Волновая матрица рассеяния четырёхполюсника и её основные свойства

– Измерение S-параметров

– Связь S-параметров с классическими параметрами Y, Z, A и H

– Определение входного и выходного сопротивления СВЧ четырёхполюсников

– Коэффициент усиления по мощности четырёхполюсников

– Определение частотных характеристик СВЧ биполярных и полевых транзисторов

– Модели СВЧ биполярных и полевых транзисторов в системах САПР СВЧ

– Определение элементов эквивалентной схемы биполярных транзисторов на основе S-параметров

– Определение элементов эквивалентной схемы полевых транзисторов на основе S-параметров

– Схемы построения СВЧ усилителей и их моделирование в программах САПР СВЧ

– СВЧ смесители: основные характеристики и схемы построения в программах САПР СВЧ

– СВЧ приемные устройства: основные характеристики и схемы построения в программах САПР СВЧ

– СВЧ передающие устройства: основные характеристики и схемы построения в программах САПР СВЧ

Согласована на портале № 22631

## 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. Дмитриев Е.Е.Основы моделирования в Microwave Office 2009.[Электронный ресурс]:- 2011,176с. [Электронный ресурс]. - http://www.eurointech.ru/products/AWR/Dmitriev_mwo_2009_1.pdf

### 4.2. Дополнительная литература

1. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. Под ред. В.Д. Разевига.- М. Солон-Пресс, 2003,-496с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 14 экз.)
2. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи/ Л.Г. Гасанов, А.А, Липатов, В.В. Марков, Н.А. Могильченко.-М.: Радио и связь, 1988.-288с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 7 экз.)
3. Машинное проектирование СВЧ устройств: Пер. с англ./ К.Гупта, Р. Гарж, Р.Чадха. М.: Радио и связь, 1987.-428с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 23 экз.)

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Разработка устройств для систем беспроводной связи: Учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы / Шибельгут А. А., Дмитриев В. Д., Рогожников Е. В. - 2014. 37 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4027, свободный.
2. Разработка устройств для систем беспроводной связи: Учебно–методическое пособие к лабораторным работам для студентов радиотехнического факультета 210700 – “Инфокоммуникационные технологии и системы связи” / Рогожников Е. В. - 2014. 24 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4026, свободный.

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

1. 1. Операционные системы Windows, Linux.
2. 2. Пакет программ САПР Advanced Design System (ADS), AWR Microwave Office.

Согласована на портале № 22631