

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Системы компьютерного проектирования РЭС

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Микроволновая техника и антенны**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 3 семестр | Всего | Единицы |
|---|-----------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции | 30 | 30 | часов |
| 2 | Практические занятия | 16 | 16 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 16 | 16 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 62 | 62 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 82 | 82 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 144 | 144 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 180 | 180 | часов |
| | | 5.0 | 5.0 | З.Е. |

Экзамен: 3 семестр

Томск 2018

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.01 Радиотехника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РСС « ___ » _____ 20__ года, протокол № _____.

Разработчик:

Доцент каф. РСС _____ С. А. Артищев

Заведующий обеспечивающей каф.
РСС

_____ А. В. Фатеев

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ _____ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф.
СВЧиКР

_____ С. Н. Шарангович

Эксперты:

Профессор кафедры радиоэлектроники и систем связи (РСС)

_____ Э. В. Семенов

Старший преподаватель кафедры радиоэлектроники и систем связи (РСС)

_____ Ю. В. Зеленецкая

Доцент кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР)

_____ А. Ю. Попков

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Формирование у студентов знаний и навыков, необходимых для проектирования различных радиоэлектронных средств (РЭС) с применением компьютерных систем автоматизированного проектирования (САПР), а также интегрированных систем моделирования и измерений (Hardware in the Loop).

1.2. Задачи дисциплины

- Обзор основных разновидностей моделей элементов РЭС;
- Ознакомление со способами коррекции моделей элементов РЭС для решения проблемы возможности их применения в частных задачах;
- Изучение методов синтеза и оптимизации электрических цепей и структур;
- Знакомство с основными разновидностями САПР и интегрированными системами моделирования и измерений;
- Разработка методических указаний по анализу чувствительности параметров схемы РЭС

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Системы компьютерного проектирования РЭС» (Б1.В.ДВ.2.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Автоматизированное проектирование антенных систем, Математическое моделирование радиотехнических устройств и систем, Микроволновая техника, Проектирование элементов и устройств радиосвязи, Схемотехника аналоговых радиоэлектронных функциональных устройств, Устройства генерирования и формирования цифровых сигналов.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты.

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;
- ПК-2 способностью выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ;
- ПК-4 способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** основные функции и возможности, доступные в САПР AWR Design Environment для решения научных и проектных задач в области радиоэлектроники;
- **уметь** выбирать методы и средства для выполнения моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров
- **владеть** навыками проведения аналитического обзора и навыками работы с 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 |
|----------------------------|-------------|-----------|
| | | 3 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 62 | 62 |

| | | |
|---|-----|-----|
| Лекции | 30 | 30 |
| Практические занятия | 16 | 16 |
| Лабораторные работы | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа (всего) | 82 | 82 |
| Подготовка к контрольным работам | 12 | 12 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 16 | 16 |
| Проработка лекционного материала | 26 | 26 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 28 | 28 |
| Всего (без экзамена) | 144 | 144 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| 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 | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---------|---------------|--------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| 3 семестр | | | | | | |
| 1 Классификация систем компьютерного проектирования РЭС. Проблемы современных СКП РЭС | 4 | 4 | 4 | 4 | 16 | ОПК-1, ПК-2, ПК-4 |
| 2 Проблемы качества моделей для современных САПР | 4 | 0 | 4 | 4 | 12 | ОПК-1, ПК-2, ПК-4 |
| 3 Электрический расчет некаузальных, неинвариантных и других цепей со сложностями в сходимости | 4 | 4 | 0 | 4 | 12 | ОПК-1, ПК-2 |
| 4 Компьютерный анализ чувствительности электрических цепей | 2 | 4 | 0 | 12 | 18 | ОПК-1, ПК-2, ПК-4 |
| 5 Численный электромагнитный анализ распределенных цепей | 4 | 0 | 4 | 20 | 28 | ОПК-1, ПК-2, ПК-4 |
| 6 Электротепловой расчет элементов и цепей | 4 | 0 | 0 | 13 | 17 | ОПК-1, ПК-2 |
| 7 Синтез и оптимизация цепей. Проблемы структурного синтеза цепей | 4 | 4 | 0 | 23 | 31 | ОПК-1, ПК-2 |
| 8 Компьютерные системы проектирования с встраиванием реального объекта (Hardware in Loop (HIL)) | 4 | 0 | 4 | 2 | 10 | ОПК-1, ПК-2, ПК-4 |
| Итого за семестр | 30 | 16 | 16 | 82 | 144 | |
| Итого | 30 | 16 | 16 | 82 | 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 |
|--|--|--------------------|----------------------------|
| 3 семестр | | | |
| 1 Классификация систем компьютерного проектирования РЭС. Проблемы современных СКП РЭС | Структура САД-систем Влияние сложности несущих сигналов на погрешность моделирования Трудности алгоритмизации автоматического структурного синтеза схем | 4 | ОПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Проблемы качества моделей для современных САПР | Обзор основных видов моделей элементов РЭС. Классификация моделей. Свойства моделей. Аналитические модели. Модели в виде эквивалентных схем. Табличные модели. | 4 | ОПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Электрический расчет некаузальных, неинвариантных и других цепей со сложностями в сходимости | Симуляция линейных цепей. Симуляция нелинейных цепей методом решения нелинейных дифференциальных уравнений во временной области (SPICE). Симуляция нелинейных цепей методом гармонического баланса. Симуляция волновых процессов в электрических цепях. Квази-Т волны. Метод сеток. Метод моментов. | 4 | ОПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Компьютерный анализ чувствительности электрических цепей | Чувствительность функций цепи к вариациям внутренних параметров РЭС. Многопараметрическая чувствительность. Расчет чувствительности на ЭВМ. Применение метода присоединенной системы уравнений для расчета чувствительности. Статистический анализ и расчет наихудшего случая | 2 | ОПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Численный электромагнитный анализ распределенных цепей | Двухпроводная линия передачи электрической энергии как пример цепи с распределенными параметрами. Первичные параметры и дифференциальные уравнения однородной двухпроводной линии. Вторичные параметры: волновое сопротивление, коэффициенты распространения. Фазовая скорость и длина волны. Входное сопротивление линии. Коэффициент отражения. Частные режимы: линия постоянного тока, линия с согласованной нагрузкой, линия без искажений, линия без потерь. Стоячие волны в линии без потерь. Коэффициенты бегущей и стоячей волн. Примеры практических применений отрезков линий. | 4 | ОПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Электротепловой | Обеспечение тепловых режимов РЭС. Основные | 4 | ОПК-1 |

| | | | |
|---|---|----|-------|
| расчет элементов и цепей | виды теплообмена. Тепловое излучение. Теплопроводность. Электротепловая аналогия и расчёт тепловых схем. Конвекция. Степень черноты тела. Понятие нагретой зоны. Оценка теплового режима РЭС коэффициентным способом | | |
| | Итого | 4 | |
| 7 Синтез и оптимизация цепей. Проблемы структурного синтеза цепей | Параметрический и структурный синтез электрических цепей. САПР, обеспечивающие такие виды синтеза. Параметрический синтез (оптимизация): выбор варьируемых параметров, целевых функций и граничных условий. Структурный синтез (автоматизированный синтез схем). | 4 | ОПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Компьютерные системы проектирования с встраиванием реального объекта (Hardware in Loop (HIL)) | Общая идея и преимущества расчетно-экспериментального метода проектирования (Hardware in the Loop (HIL)). Аппаратное обеспечение расчетно-экспериментального метода проектирования. Гибкие измерительные платформы на базе интерфейса PXI и пакета программ LabVIEW. Интеграция измерительных систем (LabVIEW) с системами моделирования (AWRDE). Новые возможности оптимизации проектируемых РЭС в HIL-системах. | 4 | ОПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 30 | |

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 | 7 | 8 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | |
| 1 Автоматизированное проектирование антенных систем | | + | + | + | | | | + |
| 2 Математическое моделирование радиотехнических устройств и систем | | | | | + | | | |
| 3 Микроволновая техника | | | | + | + | | + | |
| 4 Проектирование элементов и устройств радиосвязи | + | + | + | | | | + | + |
| 5 Схемотехника аналоговых радиоэлектронных функциональных устройств | | | + | | | | | + |
| 6 Устройства генерирования и формирования цифровых сигналов | | | | | | + | + | + |

| Последующие дисциплины | | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|---|---|---|---|
| 1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты | | + | | + | + | + | + | + |

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, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|-------------|--------------|------------|-----------|-----------|--|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОПК-1 | + | + | + | + | Контрольная работа, Экзамен, Конспект самоподготовки, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Отчет по практическому занятию |
| ПК-2 | + | + | + | + | Контрольная работа, Экзамен, Конспект самоподготовки, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест, Отчет по практическому занятию |
| ПК-4 | | + | + | | Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест |

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 |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| 3 семестр | | | |
| 1 Классификация систем компьютерного проектирования РЭС. | Построение и анализ фильтра низких частот | 4 | ОПК-1, ПК-2, ПК-4 |
| | Итого | 4 | |

| | | | |
|---|---|----|-------------------|
| Проблемы современных СКП РЭС | | | |
| 2 Проблемы качества моделей для современных САПР | Определение погонных параметров микрополосковой линии передачи | 4 | ОПК-1, ПК-2, ПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Численный электромагнитный анализ распределенных цепей | Автоматизированное проектирование линии передачи в AWR Design Environment | 4 | ОПК-1, ПК-2, ПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Компьютерные системы проектирования с встраиванием реального объекта (Hardware in Loop (HIL)) | Применение интегрированных систем моделирования (AWRDE) и измерения (LabVIEW) | 4 | ОПК-1, ПК-2, ПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

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 Классификация систем компьютерного проектирования РЭС. Проблемы современных СКП РЭС | Знакомство с интерфейсом и основными возможностями систем проектирования AWRDE и LabVIEW. | 4 | ОПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Электрический расчет некаузальных, неинвариантных и других цепей со сложностями в сходимости | Исследование ВАХ и ВФХ инерционной и безынерционной модели диода | 4 | ОПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Компьютерный анализ чувствительности электрических цепей | Анализ чувствительности АЧХ полосового фильтра на сосредоточенных элементах от их номиналов. Подготовить подробное описание (методические указания) по построению схемы фильтра и проведению анализа чувствительности. | 4 | ОПК-1, ПК-2, ПК-4 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Синтез и оптимизация цепей. Проблемы структурного синтеза цепей | Синтез и оптимизация полосового фильтра-Контрольная работа по разделам 1 и 2. | 4 | ОПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

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 Классификация систем компьютерного проектирования РЭС. Проблемы современных СКП РЭС | Проработка лекционного материала | 4 | ОПК-1, ПК-2 | Тест, Экзамен |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Проблемы качества моделей для современных САПР | Проработка лекционного материала | 4 | ОПК-1, ПК-2 | Тест, Экзамен |
| | Итого | 4 | | |
| 3 Электрический расчет некаузальных, неинвариантных и других цепей со сложностями в сходимости | Проработка лекционного материала | 4 | ОПК-1, ПК-2 | Тест, Экзамен |
| | Итого | 4 | | |
| 4 Компьютерный анализ чувствительности электрических цепей | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 8 | ОПК-1, ПК-2 | Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 12 | | |
| 5 Численный электромагнитный анализ распределенных цепей | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ОПК-1, ПК-2 | Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 12 | | |
| | Итого | 20 | | |
| 6 Электротепловой расчет элементов и цепей | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 8 | ОПК-1, ПК-2 | Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 5 | | |
| | Итого | 13 | | |
| 7 Синтез и оптимизация цепей. Проблемы структурного синтеза | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 8 | ОПК-1, ПК-2 | Контрольная работа, Расчетная работа, Тест, Экзамен |

| | | | | |
|---|----------------------------------|-----|-------|-------------------------|
| цепей | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Подготовка к контрольным работам | 12 | | |
| | Итого | 23 | | |
| 8 Компьютерные системы проектирования с встраиванием реального объекта (Hardware in Loop (HIL)) | Проработка лекционного материала | 2 | ОПК-1 | Конспект самоподготовки |
| | Итого | 2 | | |
| Итого за семестр | | 82 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 118 | | |

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

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 | | | | |
| Контрольная работа | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Отчет по лабораторной работе | | 10 | 10 | 20 |
| Расчетная работа | 10 | 10 | | 20 |
| Тест | | | 15 | 15 |
| Итого максимум за период | 15 | 25 | 30 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 15 | 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) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 65 - 69 | | |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 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. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (часть 1) [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Кологривов В. А. – 2012. 120 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1390> (дата обращения: 16.07.2018).
2. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (часть 2) [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Кологривов В. А. – 2012. 132 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1391> (дата обращения: 16.07.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Компьютерное моделирование процессов в РЭС [Электронный ресурс]: Учебное пособие / М. Н. Романовский - 2016. 101 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5916> (дата обращения: 16.07.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Применение интегрированных систем моделирования (AWRDE) и измерения (LabVIEW) [Электронный ресурс]: Методические указания по выполнению лабораторной работы / Артищев С. А. — 2018. 10 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8121> (дата обращения: 16.07.2018).
2. Компьютерное проектирование РЭС [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе студентов / Артищев С. А. — 2018. 69 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8306> (дата обращения: 16.07.2018).
3. Компьютерное проектирование РЭС [Электронный ресурс]: Учено-методическое пособие по выполнению курсового проекта / Артищев С. А. — 2018. 38 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8275> (дата обращения: 16.07.2018).
4. Определение погонных параметров микрополосковой линии передачи [Электронный ресурс]: Методические указания к выполнению лабораторной и самостоятельной работы / С. А. Артищев - 2018. 7 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8088> (дата обращения: 16.07.2018).
5. Построение и анализ фильтра низких частот [Электронный ресурс]: Методические указания по выполнению лабораторной работы / С. А. Артищев - 2018. 15 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8123> (дата обращения: 16.07.2018).
6. Автоматизированное проектирование линии передачи в AWR Design Environment [Электронный ресурс]: Методические указания по выполнению лабораторной работы / С. А. Артищев - 2018. 12 с. - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8124> (дата обращения: 16.07.2018).

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. http://www.eurointech.ru/education/selftraining/awr_mwo/ (Уроки для начинающих / Евроинтех - решения для производства электроники)

2. <http://www.awrcorp.com/ru> (Сайт компании AWR – предприятия по разработке программных продуктов, предназначенных для автоматизации проектирования высокочастотных электронных устройств).

3. <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh> Информационные, справочные и нормативные базы данных библиотеки ТУСУР

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

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

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория радиоэлектроники / Лаборатория ГПО
учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 407 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная;
- Коммутатор D-Link Switch 24 port;
- Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. (12 шт.);
- Вольтметр ВЗ-38 (7 шт.);
- Генератор сигналов специальной формы АК ИП ГСС-120 (2 шт.);
- Кронштейн PTS-4002;
- Осциллограф EZ Digital DS-1150С (3 шт.);
- Осциллограф С1-72 (4 шт.);
- Телевизор плазменный Samsung;
- Цифровой генератор сигналов PСС-80 (4 шт.);
- Цифровой осциллограф GDS-810С (3 шт.);
- Автоматизированное лабораторное место по схемотехнике и радиоавтоматике (7 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;

- Рабочее место преподавателя.
- Программное обеспечение:
 - 7-Zip
 - AWR Design Environment
 - Google Chrome
 - LibreOffice
 - Microsoft Windows
 - PTC Mathcad13, 14

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория радиоэлектроники / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 407 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная;
- Коммутатор D-Link Switch 24 port;
- Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. (12 шт.);
- Вольтметр ВЗ-38 (7 шт.);
- Генератор сигналов специальной формы АКИП ГСС-120 (2 шт.);
- Кронштейн PTS-4002;
- Осциллограф EZ Digital DS-1150C (3 шт.);
- Осциллограф С1-72 (4 шт.);
- Телевизор плазменный Samsung;
- Цифровой генератор сигналов PСС-80 (4 шт.);
- Цифровой осциллограф GDS-810C (3 шт.);
- Автоматизированное лабораторное место по схемотехнике и радиоавтоматике (7 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- AWR Design Environment
- Adobe Acrobat Reader
- Google Chrome
- LibreOffice
- Microsoft Windows
- PTC Mathcad13, 14

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

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

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

- Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
 - OpenOffice;
 - Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
 - 7-Zip;
 - Google Chrome.

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

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

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

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

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

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Для каких объектов справедлива формула $u(t) = h(t) * x(t)$ (преобразование сигнала объектом $u(t)$ можно вычислить как свертку импульсной характеристики объекта $h(t)$ с входным сигналом $x(t)$)?

- а) Нелинейные элементы;
- б) Любые объекты;
- в) Только двухполюсные элементы;
- г) Линейные элементы.

2. Модели по воплощению классифицируются на:

- а) Абстрактные и реальные;
- б) Статические и динамические;
- в) Простые и сложные;
- г) Познавательные и прагматические.

3. Большинство современных моделей нелинейных элементов строятся как квазистатические. Что это значит?

- а) Модель учитывает статическое накопление заряда. Может моделироваться квантовый скачок энергии.;
- б) Модель является линеаризованной для точного малосигнального анализа;
- в) Нелинейные модели выглядят как эквивалентные схемы из нелинейных проводимостей и емкостей.

Проводимости измеряются на постоянном токе, а емкости на гармоническом сигнале постоянной амплитуды. Переходные процессы в приборе при этом либо не учитываются, либо учитываются крайне упрощенно;

- г) Модель основана на расчете переходного процесса операторным методом с последующим

разбиением на линейную и нелинейную подсистемы для анализа в частотной и во временной области соответственно.

4. Симулятор в САПР – это...

- а) Метод структурного синтеза электрической цепи;
- б) Способ параметрического синтеза номиналов элементов цепи;
- в) Модуль, предназначенный для визуализации движения динамических моделей электро-механических схем;
- г) алгоритм, позволяющий рассчитать напряжения и токи в любом узле или ветви электрической цепи на основании известных граничных условий (входных напряжений или токов, напряжений питания и др.).

5. Для решения каких уравнений используют метод Ньютона?

- а) Линейных;
- б) Обыкновенных дифференциальных;
- в) Дифференциальных в частных производных;
- г) Нелинейных.

6. Что такое чувствительность электрической цепи?

- а) Свойство цепи изменять свои параметры с течением времени;
- б) Отношение относительного изменения параметра цепи $\delta F(x) = \Delta F(x)/F(x)$ к относительному изменению параметра элемента;

в) Способность принимать сигналы малой мощности на фоне шума;

г) Отношение количества реактивных элементов к общему количеству элементов цепи.

7. Какое высказывание наиболее точно определяет понятие «модель»?

- а) Начальный замысел будущего объекта;
- б) Точная копия оригинала;
- в) Оригинал в миниатюре;
- г) Образ оригинала с наиболее присущими свойствами.

8. Каков правильный порядок действий при математическом описании системы с помощью соответствующих программных средств?

- а) Описание аргумента - описание функций - описание постоянных;
- б) Описание функций - описание постоянных - описание аргумента;
- в) Описание функций - описание аргумента - описание постоянных;
- г) Описание постоянных - описание аргумента - описание функций.

9. Что называют краевыми условиями для системы уравнений математической модели?

- а) Условия, налагаемые на функцию;
- б) Условия, налагаемые на производные искомой функции;
- в) Условия для ограничения количества параметров функции;
- г) Условия, накладываемые на границе исследуемой области и в начальный момент времени.

10. Что такое проектирование?

а) Процесс создания в заданных условиях описания несуществующего объекта на базе первичной описания;

б) Первоначальное описание объекта проектирования;

в) Создание функционального макета без учета результатов первичного моделирования;

г) Процесс преобразования исходного описания объекта в конечное описание на основе выполнения комплекса работ исследовательского, расчетного и конструкторского характера.

11. В чем заключается сущность компьютерного моделирования системы?

а) В создании компьютерной анимации или схемы, учитывающей габариты системы и ее основные динамические и статические характеристики;

б) В создании интерактивного списка расчетных параметров системы, с возможностью их изменения для наблюдения изменений состояния системы в зависимости от поведения тех или иных параметров, а так же создании компьютерной анимации поведения системы с учетом реальных состояний;

в) В создании системы математических уравнений, для расчета результата функционирования системы;

г) В создании компьютерной программы (пакета программ), описывающей поведение элементов системы в процессе ее функционирования, с учетом их взаимодействия между собой с внешней средой, а так же серии вычислительных экспериментов.

12. Модель должна учитывать наиболее существенные стороны исследуемого объекта и отражать его свойства с приемлемой точностью. Это определение...

- а) Принципа системности;
- б) Принципа устойчивости;
- в) Принципа упрощенности;
- г) Принципа адекватности.

13. Что такое параметры системы?

- а) Величины, характеризующие энергетическое или информационное наполнение элемента или подсистемы;
- б) Свойства элементов объекта;
- в) Величины, которые выражают свойства системы или ее части, или окружающей среды;
- г) Ни один из перечисленных вариантов не является верным.

14. При электротепловом расчете используют электрические аналоги тепловых величин, например, тепловое сопротивление $R\theta$ замещают на электрическое сопротивление R .

Какой аналог используют для замещения разности температур ΔT ?

- а) Напряженность электрического поля E ;
- б) Разность потенциалов U ;
- в) Ток I ;
- г) Изменение электрического сопротивления ΔR .

15. Какой инструмент в САПР AWR Design Environment позволяет рассчитывать линии с распределенными параметрами?

- а) •TXLine;
- б) IFilter;
- в) Microwave office;
- г) Optimize .

16. Какой из методов расчета цепей по постоянному току не применяет законов Кирхгофа?

- а) Метод непосредственного применения законов Кирхгофа;
- б) Метод контурных токов;
- в) Метод узловых потенциалов;
- г) Итерационный метод.

17. Какой метод используется для симуляции нелинейных схем?

- а) Метод комплексных амплитуд;
- б) Метод покоординатного спуска;
- в) Метод Татаринова;
- г) Метод гармонического баланса.

18. Сущность какого метода формулируется так: схема разбивается на две подсхемы – линейную (инерционную) и нелинейную. Линейная схема анализируется в частотной области, нелинейная – во временной. Если результаты не совпадают, выполняется итерационный повтор анализа

а) Метод решения нелинейных дифференциальных уравнений в разностной форме рекурсивно во временной области;

- б) Метод комплексных амплитуд;
- в) Метод Ньютона-Рафсона;
- г) Метод гармонического баланса.

19. Что такое параметрический синтез?

а) Определение диапазонов значений варьируемых параметров, выход за которые в процессе оптимизации запрещается;

б) Процесс создания принципиальной схемы с заданным количеством параметров;

в) Автоматизированный или автоматический синтез структурной или принципиальной схемы цепи или устройства;

г) Автоматизированный или автоматический выбор параметров цепи, обеспечивающих выполнение технических требований к ней.

20. Автоматизированный синтез каких цепей доступен на данный момент в AWR Design Environment?

- а) Линий задержки;
- б) Квадратурных модуляторов и демодуляторов;
- в) Усилителей;
- г) Линейных частотных фильтров и согласующих цепей.

14.1.2. Экзаменационные вопросы

Экзаменационные билеты содержат два вопроса. Билеты формируются путем комбинации вопросов из контрольных работ

14.1.3. Темы контрольных работ

Контрольная работа №1

Особенности симуляции РЭС на уровне структурных схем.

Возможности по анализу распределенных структур в AWR DE.

Двухполюсные линейные элементы и их модели.

Модели четырехполюсных элементов для использования на уровне моделирования структурных схем.

Полные модели четырехполюсных элементов.

Безынерционная нелинейная модель диода.

Нелинейные модели реактивных элементов.

Нелинейно-инерционная модель диода.

Простейшая безынерционная нелинейная модель транзистора.

Нелинейно-инерционная модель транзистора Эберса-Мола.

Модель биполярного транзистора Гуммеля-Пуна.

Нелинейно-инерционная модель транзистора JFET.

Контрольная работа №2

Классификация симуляторов.

Нелинейные симуляторы и их применение.

Симуляция линейных цепей по постоянному току.

Симуляция линейных цепей с учетом реактивности.

Классификация нелинейных симуляторов.

Симуляция нелинейных цепей по постоянному току.

Симуляция переходных процессов в нелинейных цепях.

Сходимость алгоритмов нелинейной симуляции.

Метод гармонического баланса.

Метод многосигнального гармонического баланса.

Контрольная работа №3

Разновидности синтеза цепей.

Что необходимо задать, чтобы определить задачу автоматизированного параметрического синтеза?

Как можно сформировать цели оптимизации?

Особенности задания варьируемых параметров.

Что такое граничные условия оптимизации и каковы особенности их выбора?

Основные оптимизационные алгоритмы и их особенности.

Автоматизированный структурный синтез каких цепей на настоящий момент реализован в AWRDE?

Основные разновидности фильтров, доступные для автоматизированного структурного синтеза в AWRDE.

Алгоритм автоматизированного структурного синтеза фильтров.

Преобразование частоты при синтезе фильтров: что выполняется на этом этапе?

На какой элементной базе может быть синтезирован фильтр в AWRDE?

Особенности синтеза фильтров на распределенных элементах.

Основные исходные параметры для расчета фильтра.

Общие подходы к синтезу согласующих цепей.

Что нужно задать, чтобы определить задачу автоматизированного синтеза согласующей цепи?

14.1.4. Темы опросов на занятиях

Классификация моделей
Линейные и нелинейные модели
Свойства моделей
Квазистатические (QS) и неквазистатические (NQS) нелинейные модели

14.1.5. Вопросы на собеседование

Особенности симуляции РЭС на уровне структурных схем. Полные модели четырехполюсных элементов. Возможности по анализу распределенных структур в AWR DE. Классификация симуляторов. Симуляция переходных процессов в нелинейных цепях. Нелинейные симуляторы и их применение. Метод многосигнального гармонического баланса.

14.1.6. Вопросы на самоподготовку

Симуляция линейных цепей с использованием простых аналитических моделей.
Симуляция нелинейных цепей методом гармонического баланса.
Структурный синтез схем в САПР AWRDE
Программирование гибких средств измерения с применением LabVIEW.

14.1.7. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Ознакомление с интерфейсом программы AWR DE. Создание простейшей схемы
Проектирование фильтра по заданным параметрам и оптимизация его характеристик
Применение автоматизированных измерительных систем для экстракции параметров моделей элементов

14.1.8. Темы расчетных работ

Собрать простую схему в AWRDE.
Рассчитать в системе MathCAD импульсные переходные и частотные характеристики простейшей цепи.
Исследовать зависимость качества моделирования от параметров симулятора.
Параметрически синтезировать схему по заданному критерию.

14.1.9. Темы лабораторных работ

Построение и анализ фильтра низких частот
Определение погонных параметров микрополосковой линии передачи
Автоматизированное проектирование линии передачи в AWR Design Environment
Применение интегрированных систем моделирования (AWRDE) и измерения (LabVIEW)

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |

| | | |
|---|---|---|
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки |
|---|---|---|

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

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

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

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

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

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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