

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50  
Уникальный программный ключ:  
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70c9b1e7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов  
Кафедра электроники и радиофизики



Д.В. Мулов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы анализа и расчета электронных схем  
(наименование дисциплины)

11.03.03 Конструирование и технология электронных средств  
(код, наименование направления)

Информационные технологии проектирования электронных устройств  
(профиль подготовки)

Квалификация бакалавр  
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, очно-заочная, заочная  
(очная, очно-заочная, заочная)

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

*Цели дисциплины:* изучение аналитических, графических и численных методов анализа и расчета электронных схем и устройств.

*Задачи дисциплины:* знать методы анализа и расчета электронных схем, методы решения оптимизационных задач; уметь выполнять анализ и расчет электронных схем, владеть навыками расчета и оптимизации электронных схем.

*Дисциплина нацелена на формирование:*  
профессиональных компетенций (ПК-1, ПК-4) выпускника.

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина входит в часть БЛОКА 1 «Дисциплины (модули)», формируемую участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств (профиль подготовки «Информационные технологии проектирования электронных устройств»).

Дисциплина реализуется кафедрой электроники и радиофизики.

Основывается на базе дисциплин: «Физика», «Высшая математика», «Физические основы электроники», «Твердотельная электроника», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Теоретические основы электротехники».

В свою очередь, дисциплина «Методы анализа и расчета электронных схем» является основой для изучения следующих дисциплин: «Схемотехника аналоговых устройств», «Схемотехника цифровых устройств», «Основы силовой преобразовательной техники», «Системы электропитания», «Электронные силовые преобразовательные устройства», «Основы микропроцессорной техники», «Конструирование и надежность электронных устройств», «Интерфейсы электронных устройств и систем», «Математическое моделирование в электронике», приобретенные знания используются при прохождении производственных практик, для подготовки к процедуре защиты и защиты ВКР.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены для очной формы обучения лекционные (18 ак.ч.), практические (36 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (90 ак.ч.). Для очно-заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (16 ак.ч.), практические (8 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (120 ак.ч.). Для заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (8 ак.ч.), практические (4 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (132 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре при очной форме обучения и в 6 семестре при очно-заочной и заочной форме обучения.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

### 3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Методы анализа и расчета электронных схем» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 –Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен строить простейшие физические и математические модели схем и конструкций электронных устройств различного функционального назначения и процессов в них, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1	ПК-1.1. Умеет строить физические и математические модели узлов и блоков приборов ПК-1.2. Осуществляет физико-математическое описание процессов в электронных средствах различного функционального назначения ПК-1.3. Демонстрирует навыки работы с программами компьютерного моделирования электронных устройств ПК-1.4. Использует математическое и компьютерное моделирование для улучшения параметров электронных устройств различного функционального назначения
Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизированного проектирования	ПК-4	ПК-4.1. Формулирует цели и задачи проектирования электронных средств ПК-4.2. Знает принципы конструирования отдельных узлов и блоков электронных приборов ПК-4.3. Проводит оценочные расчеты характеристик электронных приборов ПК-4.4. Осуществляет расчет основных показателей надежности электронных устройств ПК-4.5. Выбирает тип элементов электронных схем с учетом технических требований к разрабатываемому устройству ПК-4.6. Демонстрирует навыки подготовки принципиальных и монтажных электрических схем

#### 4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак. ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		5
Аудиторная работа, в том числе:	<b>54</b>	<b>56</b>
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	<b>90</b>	<b>90</b>
Подготовка к лекциям	4	4
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	16	16
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	12	12
Домашнее задание (индивидуальное задание)	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиуму	6	6
Аналитический информационный поиск	18	18
Работа в библиотеке	10	10
Подготовка к экзамену	22	22
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	<b>Э (2)</b>	<b>Э (2)</b>
Общая трудоёмкость дисциплины		
	ак.ч.	144
	з.е.	4

## 5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 14 тем:

- тема 1 (Схемное моделирование);
- тема 2 (Математическое моделирование);
- тема 3 (Направленные графы. Матрицы и графы);
- тема 4 (Метод сигнальных графов как средство для аналитического анализа электронных цепей);
- тема 5 (Метод пространства состояний);
- тема 6 (Малосигнальный анализ);
- тема 7 (Реакция электронной цепи на тестовые воздействия);
- тема 8 (Анализ чувствительности электронных схем);
- тема 9 (Применение метода присоединенной системы уравнений к анализу чувствительности электронных цепей);
- тема 10 (Анализ чувствительности цепей и функциональных схем с обратными связями топологическими методами);
- тема 11 (Введение в теорию оптимизации);
- тема 12 (Квадратичные функции многих переменных);
- тема 13 (Проектирование на основе минимизации);
- тема 14 (Автоматизированный анализ электронных схем).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной, очно-заочной и заочной форм обучения приведены в таблицах 3, 4, 5 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
1	Схемное моделирование	Задачи схемного моделирования. Минимальный базовый набор компонентов для моделирования электронных схем. Адекватность схемной модели моделируемому объекту. Иерархия схемных моделей и их классификация. Выбор типа схемной модели в зависимости от целей анализа. Область применения глобальных, локальных моделей и моделей линейных приращений на примерах р-п перехода и биполярного транзистора. Теорема подобия для линейных систем. Модели линейных приращений. Основы синтеза глобальных моделей.	1	Область применения глобальных, локальных моделей и моделей линейных приращений на примерах р-п перехода и биполярного транзистора. Теорема подобия для линейных систем. Модели линейных приращений. Основы синтеза глобальных моделей.	2	–	–
2	Математическое моделирование	Основные характеристики математической модели, связывающей внутренние и внешние параметры моделируемого объекта. Моделирование в однородном и неоднородном координатном базисе. Характеристический полином цепи, интерпретация собственных чисел и векторов матриц при моделировании электронных цепей. Моделирование в однородном координатном базисе узловых потенциалов. Неавтономные многополюсники. Свойства полной матрицы проводимостей многополюсников. Матрицы проводимостей дискретных компонентов электронных схем и инте-	1	Моделирование в однородном координатном базисе узловых потенциалов. Неавтономные многополюсники. Свойства полной матрицы проводимостей многополюсников. Матрицы проводимостей дискретных компонентов электронных схем и интегральных схем. Алгоритм получения матрицы проводимостей электронной схемы.	2	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
		гральных схем. Алгоритм получения матрицы проводимостей электронной схемы					
3	Направленные графы. Матрицы и графы	Основные понятия и определения. Составление систем алгебраических уравнений электрического равновесия цепи в топологической форме. Топологическая интерпретация основных соотношений между переменными ветвей. Узловой анализ линейных схем. Понятие обобщенной ветви графа. Машинное формирование узловых уравнений для линейных резистивных схем и R, L, C – цепей в установившемся режиме работы.	1	Метод сигнальных графов как средство для аналитического анализа электронных цепей. Адекватность сигнального графа алгебраической системе уравнений. Получение матрицы передач нормализованного и ненормализованного сигнальных графов и их эквивалентность. Решение графа с помощью топологических операций. Косвенные и прямые методы построения сигнального графа пассивных и активных электрических цепей. Построение графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах. Алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами.	2	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
4	Метод сигнальных графов как средство для аналитического анализа электронных цепей	Адекватность сигнального графа алгебраической системе уравнений. Получение матрицы передач нормализованного и ненормализованного сигнальных графов и их эквивалентность. Решение графа с помощью топологических операций. Косвенные и прямые методы построения сигнального графа пассивных и активных электрических цепей. Построение графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах. Алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами.	1	Метод сигнальных графов как средство для аналитического анализа электронных цепей. Адекватность сигнального графа алгебраической системе уравнений. Получение матрицы передач нормализованного и ненормализованного сигнальных графов и их эквивалентность. Решение графа с помощью топологических операций. Косвенные и прямые методы построения сигнального графа пассивных и активных электрических цепей. Построение графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах. Алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами	2	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
5	Метод пространства состояний	Основные понятия и определения. Выбор системы линейно независимых переменных состояния для топологически невырожденных электронных цепей. Матричная запись системы уравнений переменных состояния в нормальной форме. Методы составления математической модели цепи в пространстве состояний. Алгоритм получения матричного уравнения переменных состояния с помощью топологических матриц. Способы получения выходных уравнений в матричном виде.	1	Частотный метод анализа. Задачи, решаемые при анализе электронных схем в режиме малого сигнала. Характеристический полином цепи. Нули и полюсы передаточной функции цепи. Устойчивость. Свободные и вынужденные колебания в устойчивых электрических цепях. Отклик на периодические и непериодические воздействия. Связь преобразования Лапласа с преобразованием Фурье. Условия неискаженной передачи сигнала. Условия согласования генератора с нагрузкой. Реакция идеального фильтра НЧ.	2	–	–
6	Малосигнальный анализ	Частотный метод анализа. Задачи, решаемые при анализе электронных схем в режиме малого сигнала. Характеристический полином цепи. Нули и полюсы передаточной функции цепи. Устойчивость. Свободные и вынужденные колебания в устойчивых электрических цепях. Отклик на периодические и непериодические воздействия. Связь преобразования Лапласа с преобразованием Фурье. Условия неискаженной передачи сигнала. Условия согласования генератора с нагрузкой. Реакция идеального	1	Частотный метод анализа. Условия согласования генератора с нагрузкой. Реакция идеального фильтра НЧ.	2	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
		фильтра НЧ.					
7	Реакция электронной цепи на тестовые воздействия	Импульсная и переходная характеристики цепи. Реакция цепи на произвольное воздействие. Характеристика переходных процессов в пассивных и активных цепях электронных схем. АЧХ, импульсная и переходная характеристики цепи. Добротность узкополосных систем и длительность переходных процессов. Общие вопросы проектирование сложных систем и их математическое моделирование. Декомпозиция системы на подсистемы, однородные по физической природе, их макро-моделирование и последующий синтез модели исходной системы.	1	Гармонические колебания тока или напряжения. Прямоугольный, экспоненциальный или дельта-импульс. Скачок напряжения или тока.	2	–	–
8	Анализ чувствительности электронных схем	Постановка задачи. Определения чувствительности. Основные понятия и определения. Чувствительность передаточной функции цепи. Чувствительность нулей и полюсов. Чувствительность добротности и резонансной частоты в узкополосных системах. Многопараметрическая чувствительность. Расчет МЧНС (многопараметрической чувствительности наихудшего случая) при проектировании применительно к условиям реального производства изделий электронной техники. Статистическая многопараметрическая чувствительность.	1	Анализ чувствительности электронных схем	2	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
9	Применение метода присоединенной системы уравнений к анализу чувствительности электронных цепей	Расчет чувствительности к паразитным параметрам. Операционный усилитель как специальный случай элемента электронной цепи с паразитными параметрами. Расчет чувствительности модуля, фазы, добротности. Анализ чувствительности методом присоединенной системы по частоте. Определение экстремумов амплитудно-частотной характеристики и групповой задержки сигнала. Температурная чувствительность.	1	Расчет чувствительности к паразитным параметрам.	2	–	–
10	Анализ чувствительности цепей и функциональных схем с обратными связями топологическими методами.	Применение топологической формулы расчета чувствительности. Анализ чувствительности методом присоединенной схемы в пакетах прикладных программ по автоматизированному проектированию электронных схем. Теорема об эквивалентности топологических моделей исходной схемы и присоединенной схемы в приращениях. Алгоритм реализации метода.	1	Анализ чувствительности цепей и функциональных схем с обратными связями топологическими методами. Алгоритм реализации метода.	2	–	–
11	Введение в теорию оптимизации	Постановка задачи. Основные определения и понятия. Условная и безусловная оптимизация. Задача Лагранжа о минимизации с ограничениями. Классическая задача минимизации без ограничений. Проблемы минимизации целевой функции многих переменных. Основной итерационный алгоритм минимизации. Матрица линейно независимых направлений. Выбор направления и поиск вдоль линии спуска. Определение оптимального шага. Интерполяция параболой и кубическим	2	Проблемы минимизации целевой функции многих переменных. Интерполяция параболой и кубическим полиномом	4	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
		полиномом					
12	Квадратичные функции многих переменных	Матрица Гессе. Поиск $G$ – сопряженных и линейно независимых векторов. Методы спуска при минимизации. Наискорейший спуск. Метод сопряженного градиента. Метод Ньютона. Проектирование на основе минимизации. Постановка задачи. Среднеквадратические целевые функции. Минимаксные решения. Минимизация чувствительностей. Анализ цепей методом Монте – Карло.	2	Среднеквадратические целевые функции. Минимаксные решения. Минимизация чувствительностей. Анализ цепей методом Монте – Карло.	4	–	–
13	Проектирование на основе минимизации	Минимизация среднеквадратической целевой функции для АЧХ фильтра нижних частот цепи с использованием метода присоединенной системы уравнений для расчета вектора первых производных. Статистические методы анализа. Метод Монте-Карло. Типовые статистические распределения допусков компонентов.	2	Минимизация среднеквадратической целевой функции для АЧХ фильтра нижних частот	4	–	–
14	Автоматизированный анализ электронных схем	Структура пакетов прикладных программ (ППП) по автоматизированному анализу электронных схем. Синтаксис предложений описания базового набора элементов электронных цепей. Управление заданиями на расчет и вывод результатов анализа. Способы задания управляемых линейных и нелинейных источников тока и напряжения. Способы описания функций сигналов. Описание схемных моделей ключей. Информационное обеспечение ППП. Работа с библиотекой макромоделей. Работа с графическим постпроцессором.	2	Способы задания управляемых линейных и нелинейных источников тока и напряжения. Способы описания функций сигналов. Описание схемных моделей ключей.	4	–	–
Всего аудиторных часов			18		36	–	

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очно-заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
1	Схемное моделирование	Задачи схемного моделирования. Минимальный базовый набор компонентов для моделирования электронных схем. Адекватность схемной модели моделируемому объекту. Иерархия схемных моделей и их классификация. Выбор типа схемной модели в зависимости от целей анализа. Область применения глобальных, локальных моделей и моделей линейных приращений на примерах р-п перехода и биполярного транзистора. Теорема подобия для линейных систем. Модели линейных приращений. Основы синтеза глобальных моделей.	1	Область применения глобальных, локальных моделей и моделей линейных приращений на примерах р-п перехода и биполярного транзистора. Теорема подобия для линейных систем. Модели линейных приращений. Основы синтеза глобальных моделей.	0,5	–	–
2	Математическое моделирование	Основные характеристики математической модели, связывающей внутренние и внешние параметры моделируемого объекта. Моделирование в однородном и неоднородном координатном базисе. Характеристический полином цепи, интерпретация собственных чисел и векторов матриц при моделировании электронных цепей. Моделирование в однородном координатном базисе узловых потенциалов. Неавтономные многополюсники. Свойства полной матрицы проводимостей многополюсников. Матрицы проводимостей дискретных компонентов электронных схем и интегральных схем. Алгоритм получения	1	Моделирование в однородном координатном базисе узловых потенциалов. Неавтономные многополюсники. Свойства полной матрицы проводимостей многополюсников. Матрицы проводимостей дискретных компонентов электронных схем и интегральных схем. Алгоритм получения матрицы проводимостей электронной схемы.	0,5	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
		матрицы проводимостей электронной схемы					
3	Направленные графы. Матрицы и графы	Основные понятия и определения. Составление систем алгебраических уравнений электрического равновесия цепи в топологической форме. Топологическая интерпретация основных соотношений между переменными ветвей. Узловой анализ линейных схем. Понятие обобщенной ветви графа. Машинное формирование узловых уравнений для линейных резистивных схем и R, L, C – цепей в установившемся режиме работы.	1	Метод сигнальных графов как средство для аналитического анализа электронных цепей. Адекватность сигнального графа алгебраической системе уравнений. Получение матрицы передач нормализованного и ненормализованного сигнальных графов и их эквивалентность. Решение графа с помощью топологических операций. Косвенные и прямые методы построения сигнального графа пассивных и активных электрических цепей. Построение графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах. Алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами.	0,5	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
4	Метод сигнальных графов как средство для аналитического анализа электронных цепей	Адекватность сигнального графа алгебраической системе уравнений. Получение матрицы передач нормализованного и ненормализованного сигнальных графов и их эквивалентность. Решение графа с помощью топологических операций. Косвенные и прямые методы построения сигнального графа пассивных и активных электрических цепей. Построение графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах. Алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами.	1	Метод сигнальных графов как средство для аналитического анализа электронных цепей. Адекватность сигнального графа алгебраической системе уравнений. Получение матрицы передач нормализованного и ненормализованного сигнальных графов и их эквивалентность. Решение графа с помощью топологических операций. Косвенные и прямые методы построения сигнального графа пассивных и активных электрических цепей. Построение графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах. Алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами	0,5	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
5	Метод пространства состояний	Основные понятия и определения. Выбор системы линейно независимых переменных состояния для топологически невырожденных электронных цепей. Матричная запись системы уравнений переменных состояния в нормальной форме. Методы составления математической модели цепи в пространстве состояний. Алгоритм получения матричного уравнения переменных состояния с помощью топологических матриц. Способы получения выходных уравнений в матричном виде.	1	Частотный метод анализа. Задачи, решаемые при анализе электронных схем в режиме малого сигнала. Характеристический полином цепи. Нули и полюсы передаточной функции цепи. Устойчивость. Свободные и вынужденные колебания в устойчивых электрических цепях. Отклик на периодические и непериодические воздействия. Связь преобразования Лапласа с преобразованием Фурье. Условия неискаженной передачи сигнала. Условия согласования генератора с нагрузкой. Реакция идеального фильтра НЧ.	0,5	–	–
6	Малосигнальный анализ	Частотный метод анализа. Задачи, решаемые при анализе электронных схем в режиме малого сигнала. Характеристический полином цепи. Нули и полюсы передаточной функции цепи. Устойчивость. Свободные и вынужденные колебания в устойчивых электрических цепях. Отклик на периодические и непериодические воздействия. Связь преобразования Лапласа с преобразованием Фурье. Условия неискаженной передачи сигнала. Условия согласования генератора с нагрузкой. Реакция идеального	1	Частотный метод анализа. Условия согласования генератора с нагрузкой. Реакция идеального фильтра НЧ.	0,5	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
		фильтра НЧ.					
7	Реакция электронной цепи на тестовые воздействия	Импульсная и переходная характеристики цепи. Реакция цепи на произвольное воздействие. Характеристика переходных процессов в пассивных и активных цепях электронных схем. АЧХ, импульсная и переходная характеристики цепи. Добротность узкополосных систем и длительность переходных процессов. Общие вопросы проектирование сложных систем и их математическое моделирование. Декомпозиция системы на подсистемы, однородные по физической природе, их макро-моделирование и последующий синтез модели исходной системы.	1	Гармонические колебания тока или напряжения. Прямоугольный, экспоненциальный или дельта-импульс. Скачок напряжения или тока.	0,5	–	–
8	Анализ чувствительности электронных схем	Постановка задачи. Определения чувствительности. Основные понятия и определения. Чувствительность передаточной функции цепи. Чувствительность нулей и полюсов. Чувствительность добротности и резонансной частоты в узкополосных системах. Многопараметрическая чувствительность. Расчет МЧНС (многопараметрической чувствительности наихудшего случая) при проектировании применительно к условиям реального производства изделий электронной техники. Статистическая многопараметрическая чувствительность.	1	Анализ чувствительности электронных схем	0,5	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
9	Применение метода присоединенной системы уравнений к анализу чувствительности электронных цепей	Расчет чувствительности к паразитным параметрам. Операционный усилитель как специальный случай элемента электронной цепи с паразитными параметрами. Расчет чувствительности модуля, фазы, добротности. Анализ чувствительности методом присоединенной системы по частоте. Определение экстремумов амплитудно-частотной характеристики и групповой задержки сигнала. Температурная чувствительность.	1	Расчет чувствительности к паразитным параметрам.	0,5	–	–
10	Анализ чувствительности цепей и функциональных схем с обратными связями топологическими методами.	Применение топологической формулы расчета чувствительности. Анализ чувствительности методом присоединенной схемы в пакетах прикладных программ по автоматизированному проектированию электронных схем. Теорема об эквивалентности топологических моделей исходной схемы и присоединенной схемы в приращениях. Алгоритм реализации метода.	1	Анализ чувствительности цепей и функциональных схем с обратными связями топологическими методами. Алгоритм реализации метода.	0,5	–	–
11	Введение в теорию оптимизации	Постановка задачи. Основные определения и понятия. Условная и безусловная оптимизация. Задача Лагранжа о минимизации с ограничениями. Классическая задача минимизации без ограничений. Проблемы минимизации целевой функции многих переменных. Основной итерационный алгоритм минимизации. Матрица линейно независимых направлений. Выбор направления и поиск вдоль линии спуска. Определение оптимального шага. Интерполяция параболой и кубическим	1	Проблемы минимизации целевой функции многих переменных. Интерполяция параболой и кубическим полиномом	0,5	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
		полиномом					
12	Квадратичные функции многих переменных	Матрица Гессе. Поиск $G$ – сопряженных и линейно независимых векторов. Методы спуска при минимизации. Наискорейший спуск. Метод сопряженного градиента. Метод Ньютона. Проектирование на основе минимизации. Постановка задачи. Среднеквадратические целевые функции. Минимаксные решения. Минимизация чувствительностей. Анализ цепей методом Монте – Карло.	1	Среднеквадратические целевые функции. Минимаксные решения. Минимизация чувствительностей. Анализ цепей методом Монте – Карло.	0,5	–	–
13	Проектирование на основе минимизации	Минимизация среднеквадратической целевой функции для АЧХ фильтра нижних частот цепи с использованием метода присоединенной системы уравнений для расчета вектора первых производных. Статистические методы анализа. Метод Монте-Карло. Типовые статистические распределения допусков компонентов.	2	Минимизация среднеквадратической целевой функции для АЧХ фильтра нижних частот	1	–	–
14	Автоматизированный анализ электронных схем	Структура пакетов прикладных программ (ППП) по автоматизированному анализу электронных схем. Синтаксис предложений описания базового набора элементов электронных цепей. Управление заданиями на расчет и вывод результатов анализа. Способы задания управляемых линейных и нелинейных источников тока и напряжения. Способы описания функций сигналов. Описание схемных моделей ключей. Информационное обеспечение ППП. Работа с библиотекой макромоделей. Работа с графическим постпроцессором.	2	Способы задания управляемых линейных и нелинейных источников тока и напряжения. Способы описания функций сигналов. Описание схемных моделей ключей.	1	–	–
Всего аудиторных часов			16		8	–	

Таблица 5 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
1	Схемное моделирование	Задачи схемного моделирования. Минимальный базовый набор компонентов для моделирования электронных схем. Адекватность схемной модели моделируемому объекту. Иерархия схемных моделей и их классификация. Выбор типа схемной модели в зависимости от целей анализа. Область применения глобальных, локальных моделей и моделей линейных приращений на примерах р-п перехода и биполярного транзистора. Теорема подобия для линейных систем. Модели линейных приращений. Основы синтеза глобальных моделей.	0,5	Область применения глобальных, локальных моделей и моделей линейных приращений на примерах р-п перехода и биполярного транзистора. Теорема подобия для линейных систем. Модели линейных приращений. Основы синтеза глобальных моделей.		–	–
2	Математическое моделирование	Основные характеристики математической модели, связывающей внутренние и внешние параметры моделируемого объекта. Моделирование в однородном и неоднородном координатном базисе. Характеристический полином цепи, интерпретация собственных чисел и векторов матриц при моделировании электронных цепей. Моделирование в однородном координатном базисе узловых потенциалов. Неавтономные многополюсники. Свойства полной матрицы проводимостей многополюсников. Матрицы проводимостей дискретных компонентов электронных схем и интегральных схем. Алгоритм получения матрицы проводимостей электронной схемы	0,5	Моделирование в однородном координатном базисе узловых потенциалов. Неавтономные многополюсники. Свойства полной матрицы проводимостей многополюсников. Матрицы проводимостей дискретных компонентов электронных схем и интегральных схем. Алгоритм получения матрицы проводимостей электронной схемы.	0,5	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
3	Направленные графы. Матрицы и графы	Основные понятия и определения. Составление систем алгебраических уравнений электрического равновесия цепи в топологической форме. Топологическая интерпретация основных соотношений между переменными ветвей. Узловой анализ линейных схем. Понятие обобщенной ветви графа. Машинное формирование узловых уравнений для линейных резистивных схем и R, L, C – цепей в установившемся режиме работы.	0,5	Метод сигнальных графов как средство для аналитического анализа электронных цепей. Адекватность сигнального графа алгебраической системе уравнений. Получение матрицы передач нормализованного и ненормализованного сигнальных графов и их эквивалентность. Решение графа с помощью топологических операций. Косвенные и прямые методы построения сигнального графа пассивных и активных электрических цепей. Построение графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах. Алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами.	0,5	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
4	Метод сигнальных графов как средство для аналитического анализа электронных цепей	Адекватность сигнального графа алгебраической системе уравнений. Получение матрицы передач нормализованного и ненормализованного сигнальных графов и их эквивалентность. Решение графа с помощью топологических операций. Косвенные и прямые методы построения сигнального графа пассивных и активных электрических цепей. Построение графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах. Алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами.	0,5	Метод сигнальных графов как средство для аналитического анализа электронных цепей. Адекватность сигнального графа алгебраической системе уравнений. Получение матрицы передач нормализованного и ненормализованного сигнальных графов и их эквивалентность. Решение графа с помощью топологических операций. Косвенные и прямые методы построения сигнального графа пассивных и активных электрических цепей. Построение графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах. Алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами		–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
5	Метод пространства состояний	Основные понятия и определения. Выбор системы линейно независимых переменных состояния для топологически невырожденных электронных цепей. Матричная запись системы уравнений переменных состояния в нормальной форме. Методы составления математической модели цепи в пространстве состояний. Алгоритм получения матричного уравнения переменных состояния с помощью топологических матриц. Способы получения выходных уравнений в матричном виде.	0,5	Частотный метод анализа. Задачи, решаемые при анализе электронных схем в режиме малого сигнала. Характеристический полином цепи. Нули и полюсы передаточной функции цепи. Устойчивость. Свободные и вынужденные колебания в устойчивых электрических цепях. Отклик на периодические и непериодические воздействия. Связь преобразования Лапласа с преобразованием Фурье. Условия неискаженной передачи сигнала. Условия согласования генератора с нагрузкой. Реакция идеального фильтра НЧ.	0,5	–	–
6	Малосигнальный анализ	Частотный метод анализа. Задачи, решаемые при анализе электронных схем в режиме малого сигнала. Характеристический полином цепи. Нули и полюсы передаточной функции цепи. Устойчивость. Свободные и вынужденные колебания в устойчивых электрических цепях. Отклик на периодические и непериодические воздействия. Связь преобразования Лапласа с преобразованием Фурье. Условия неискаженной передачи сигнала. Условия согласования генератора с нагрузкой. Реакция идеального фильтра НЧ.	0,5	Частотный метод анализа. Условия согласования генератора с нагрузкой. Реакция идеального фильтра НЧ.		–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
7	Реакция электронной цепи на тестовые воздействия	Импульсная и переходная характеристики цепи. Реакция цепи на произвольное воздействие. Характеристика переходных процессов в пассивных и активных цепях электронных схем. АЧХ, импульсная и переходная характеристики цепи. Добротность узкополосных систем и длительность переходных процессов. Общие вопросы проектирования сложных систем и их математическое моделирование. Декомпозиция системы на подсистемы, однородные по физической природе, их макро-моделирование и последующий синтез модели исходной системы.	0,5	Гармонические колебания тока или напряжения. Прямоугольный, экспоненциальный или дельта-импульс. Скачок напряжения или тока.	0,5	–	–
8	Анализ чувствительности электронных схем	Постановка задачи. Определения чувствительности. Основные понятия и определения. Чувствительность передаточной функции цепи. Чувствительность нулей и полюсов. Чувствительность добротности и резонансной частоты в узкополосных системах. Многопараметрическая чувствительность. Расчет МЧНС (многопараметрической чувствительности наихудшего случая) при проектировании применительно к условиям реального производства изделий электронной техники. Статистическая многопараметрическая чувствительность.	0,5	Анализ чувствительности электронных схем	0,5	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
9	Применение метода присоединенной системы уравнений к анализу чувствительности электронных цепей	Расчет чувствительности к паразитным параметрам. Операционный усилитель как специальный случай элемента электронной цепи с паразитными параметрами. Расчет чувствительности модуля, фазы, добротности. Анализ чувствительности методом присоединенной системы по частоте. Определение экстремумов амплитудно-частотной характеристики и групповой задержки сигнала. Температурная чувствительность.	0,5	Расчет чувствительности к паразитным параметрам.	0,5	–	–
10	Анализ чувствительности цепей и функциональных схем с обратными связями топологическими методами.	Применение топологической формулы расчета чувствительности. Анализ чувствительности методом присоединенной схемы в пакетах прикладных программ по автоматизированному проектированию электронных схем. Теорема об эквивалентности топологических моделей исходной схемы и присоединенной схемы в приращениях. Алгоритм реализации метода.	0,5	Анализ чувствительности цепей и функциональных схем с обратными связями топологическими методами. Алгоритм реализации метода.		–	–
11	Введение в теорию оптимизации	Постановка задачи. Основные определения и понятия. Условная и безусловная оптимизация. Задача Лагранжа о минимизации с ограничениями. Классическая задача минимизации без ограничений. Проблемы минимизации целевой функции многих переменных. Основной итерационный алгоритм минимизации. Матрица линейно независимых направлений. Выбор направления и поиск вдоль линии спуска. Определение оптимального шага. Интерполяция параболой и кубическим полиномом	0,5	Проблемы минимизации целевой функции многих переменных. Интерполяция параболой и кубическим полиномом	0,5	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	ак.ч.	Содержание практических (семинарских) занятий	ак.ч.	Тема лабораторных занятий	ак.ч.
12	Квадратичные функции многих переменных	Матрица Гессе. Поиск $G$ – сопряженных и линейно независимых векторов. Методы спуска при минимизации. Наискорейший спуск. Метод сопряженного градиента. Метод Ньютона. Проектирование на основе минимизации. Постановка задачи. Среднеквадратические целевые функции. Минимаксные решения. Минимизация чувствительностей. Анализ цепей методом Монте – Карло.	0,5	Среднеквадратические целевые функции. Минимаксные решения. Минимизация чувствительностей. Анализ цепей методом Монте – Карло.		–	–
13	Проектирование на основе минимизации	Минимизация среднеквадратической целевой функции для АЧХ фильтра нижних частот цепи с использованием метода присоединенной системы уравнений для расчета вектора первых производных. Статистические методы анализа. Метод Монте-Карло. Типовые статистические распределения допусков компонентов.	1	Минимизация среднеквадратической целевой функции для АЧХ фильтра нижних частот		–	–
14	Автоматизированный анализ электронных схем	Структура пакетов прикладных программ (ППП) по автоматизированному анализу электронных схем. Синтаксис предложений описания базового набора элементов электронных цепей. Управление заданиями на расчет и вывод результатов анализа. Способы задания управляемых линейных и нелинейных источников тока и напряжения. Способы описания функций сигналов. Описание схемных моделей ключей. Информационное обеспечение ППП. Работа с библиотекой макромоделей. Работа с графическим постпроцессором.	1	Способы задания управляемых линейных и нелинейных источников тока и напряжения. Способы описания функций сигналов. Описание схемных моделей ключей.	0,5	–	–
Всего аудиторных часов			8		4	–	

## **6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **6.1 Критерии оценивания**

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» ([https://www.dstu.education/images/structure/license\\_certificate/polog\\_kred\\_modul.pdf](https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf)) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-1, ПК-4	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 работы) – всего 40 баллов;
- практические работы – всего 20 баллов;
- за выполнение индивидуального и домашнего задания – всего 40 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачетной недели студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.5), либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

## 6.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания обучающиеся выполняют проработку лекционного материала.

## 6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

Для закрепления знаний и умений, программой дисциплины предусмотрено выполнение индивидуального задания.

Задание. Произвести оптимизацию схемы усилительного каскада.

Оптимизируемая схема представляет собой усилительный каскад собранного по схеме ОЭ либо с коррекцией НЧ либо с ООС и работающий на синусоидальный сигнал звуковой частоты.

Транзистор не должен выходить за пределы активного режима, т.е. синусоидальный сигнал на выходе усилителя не должен искажаться.

Оптимизируются три выходных параметра:

- $K_u$  – коэффициент усиления схемы по напряжению;
- $f_n$  – нижняя частота диапазона;
- $I_{\text{потр.}}$  – ток потребления.

Амплитуда входного синусоидального сигнала 0.05 В. Напряжение питания +12 В.

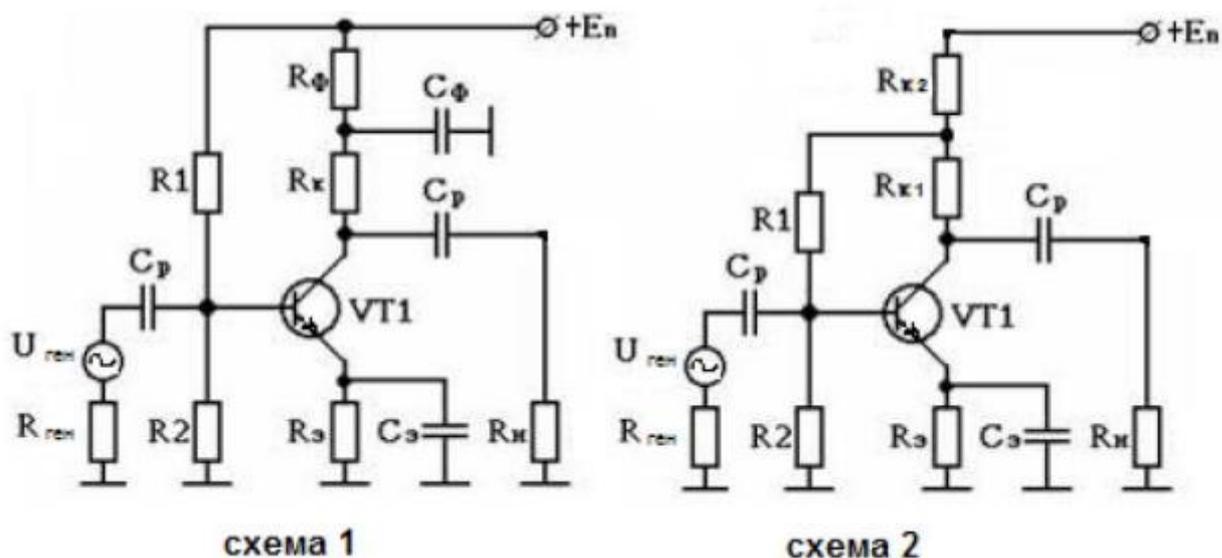


Таблица 8 – Варианты заданий

№ варианта	Номер схемы	$R_{ген.},$ Ом.	$R_{н.},$ Ом.	$f_{вх.},$ кГц
1	1	0.1	90	16
2	2	0.2	30	18
3	1	0.2	50	5
4	2	0.2	40	19
5	1	0.1	80	17
6	2	0.2	60	15
7	1	0.1	30	10
8	2	0.2	40	12
9	1	0.1	80	14
10	2	0.2	100	16
11	1	0.1	40	18
12	2	0.2	50	7
13	1	0.1	60	19
14	2	0.2	80	1
15	1	0.1	100	7
16	2	0.2	40	16
17	1	0.1	30	18
18	2	0.2	50	8
19	1	0.1	40	10
20	2	0.2	70	12
21	1	0.1	60	14
22	2	0.2	30	16
23	1	0.1	40	18
24	2	0.2	80	12

В таблице указаны:  $R_{ген}$  – внутреннее сопротивление источника входного сигнала;  $R_{н}$  – сопротивление нагрузки;  $f_{вх}$  – частота входного сигнала.

#### 6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Варианты тестовых заданий.

- 1) О правильности функционирования системы можно судить по:
  - а) выходным параметрам;
  - б) внутренним параметрам;
  - в) внешним параметрам;
  - г) показателям эффективности.
  
- 2) Параметры элементов по-другому называются:
  - а) параметры компонентов;

- б) внутренние параметры;
- в) внешние параметры;
- г) параметры связи элементов.

- 3) Выходные параметры зависят:
- а) от внутренних параметров и параметров связи элементов;
  - б) только от внутренних параметров;
  - в) только от внешних параметров;
  - г) от внутренних и внешних параметров.

- 4) Условие работоспособности – это соотношение между:
- а) внутренними параметрами и условиями;
  - б) выходными параметрами и техническими требованиями;
  - в) условиями эксплуатации и внутренними параметрами;
  - г) показателями эффективности и условиями эксплуатации.

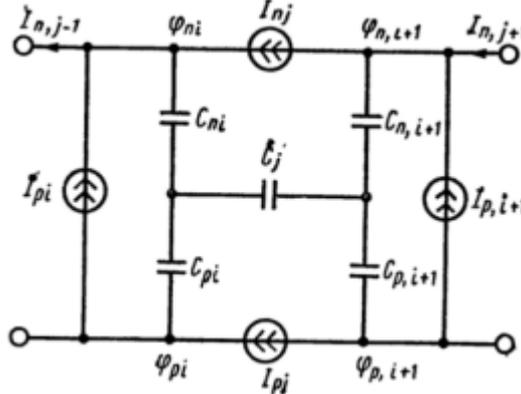
- 5) Анализ чувствительности может использовать
- а) метод приращений;
  - б) метод разреженной матрицы;
  - в) метод прямого дифференцирования;
  - г) метод линеаризации.

- 6) Метод Монте–Карло используется при
- а) анализе схем во временной области;
  - б) анализе на наихудший случай;
  - в) статистическом анализе;
  - г) анализе схем в частотной области.

- 7) Физико–топологические модели транзистора представляют собой:
- а) система ЛАУ;
  - б) система НАУ;
  - в) система ДУ в полных дифференциалах;
  - г) система ДУ в частных дифференциалах.

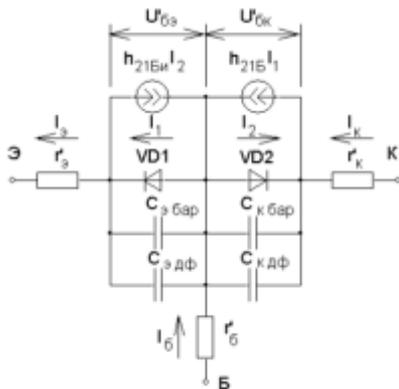
- 8) Одна из схемных моделей транзистора это
- а) модель Таргата;
  - б) модель Линвилла;
  - в) модель Эйзенхауэра;
  - г) модель Ландау.

9) На рисунке изображена секция модели транзистора



- а) Гуммеля–Пуна;
- б) Ландау;
- в) Эйзенхауэра;
- г) Линвилла.

10) На рисунке изображена модель транзистора



- а) Гуммеля–Пуна;
- б) Эйзенхауэра;
- в) Эберса — Молла;
- г) Линвилла.

11) При анализе нелинейной цепи по постоянному току или во временной области нелинейный элемент...

- а) заменяют его параметрической математической моделью;
- б) заменяют его линейной математической моделью;
- в) исключают из рассматриваемой цепи путем разрыва цепи;
- г) заменяют его нелинейной математической моделью.

12) Частотным анализом называют вычисление напряжений в узлах схемы и токов в ее ветвях как функцию...

- а) напряжения;
- б) частоты;
- в) времени;
- г) тока.

13) Под анализом по постоянному току понимают рассчитанные напряжения в узлах схемы и токи во всех ее ветвях как функции...

- а) напряжения;
- б) частоты;
- в) времени;
- г) тока.

14) Второй и последующие каскады операционного усилителя моделируются с помощью...

- а) источника напряжения, управляемого напряжением;
- б) источника тока, управляемого напряжением;
- в) источника напряжения, управляемого током;
- г) источника тока, управляемого током.

15) Передаточная характеристика цепи является прямым преобразованием Фурье для ...

- а) переходной характеристика цепи;
- б) импульсной характеристики цепи;
- в) входного сигнала;
- г) выходного сигнала.

16) Простейшую математическую модель ОУ обычно представляют в виде источника...

- а) напряжения, управляемого током;
- б) напряжения, управляемого напряжением;
- в) тока, управляемого напряжением;
- г) Тока, управляемого током.

17) Под начальными условиями при моделировании понимаются...

- а) только токи во всех ветвях схемы в начальный момент времени;
- б) только напряжения во всех узлах схемы в начальный момент времени;
- в) напряжения во всех узлах схемы и токи во всех ее ветвях в начальный момент времени;
- г) напряжения и токи на входе и выходе схемы в начальный момент времени.

18) Анализом Фурье называют расчет...

- а) ФЧХ цепи;
- б) АЧХ цепи;
- в) спектра сигнала;
- г) коэффициента гармоник.

19) Коэффициент подавления синфазной помехи операционного усилителя моделируется с помощью...

- а) источника напряжения, управляемого напряжением;
- б) неравенства сопротивлений в коллекторных плечах дифференциального каскада;
- в) источника напряжения, управляемого током;
- г) источника тока, управляемого напряжением.

20) При расчете выходного сигнала зависимых источников тока и напряжения значения сигнала вне заданного диапазона изменений аргумента

- а) полагаются равными их значениям в крайних точках;
- б) полагаются равными их значениям рассчитанным путем линейной интерполяции десяти значений, предшествующих крайним точкам;
- в) полагаются равными средним значениям сигнала в диапазоне изменения аргумента;
- г. не рассчитываются.

### **6.5 Вопросы для подготовки к экзамену (тестовому коллоквиуму)**

1) Назовите минимальный базовый набор компонентов для моделирования электронных схем. Что значит адекватность схемной модели моделируемому объекту? Приведите иерархию схемных моделей и их классификацию. Как осуществляется выбор типа схемной модели в зависимости от целей анализа?

2) Какова область применения глобальных, локальных моделей и моделей линейных приращений на примерах  $p$ - $n$  перехода и биполярного транзистора? Теорема подобия для линейных систем. Модели линейных приращений. Каковы основы синтеза глобальных моделей?

3) Назовите основные характеристики математической модели, связывающей внутренние и внешние параметры моделируемого объекта. Укажите особенности моделирования в однородном и неоднородном координатном базисе.

4) Что такое характеристический полином цепи, интерпретация собственных чисел и векторов матриц при моделировании электронных цепей? Укажите особенности моделирования в однородном координатном базисе узловых потенциалов.

5) Что представляют собой неавтономные многополюсники? Свойства полной матрицы проводимостей многополюсников. Матрицы проводимостей дискретных компонентов электронных схем и интегральных схем. Каков алгоритм получения матрицы проводимостей электронной схемы\*

6) Раскройте понятия: направленные графы, матрицы и графы. Назовите особенности составления систем алгебраических уравнений электрического равновесия цепи в топологической форме.

7) Назовите особенности узлового анализа линейных схем. Раскройте понятие обобщенной ветви графа. Как осуществляется машинное формирование узловых уравнений для линейных резистивных схем и  $R, L, C$  – цепей в установившемся режиме работы?

8) Раскройте понятие метода сигнальных графов как средства для аналитического анализа электронных цепей. Как оценивается адекватность сигнального графа алгебраической системе уравнений? Как получают матрицу передач нормализованного и ненормализованного сигнальных графов и их эквивалентность?

9) Поясните процесс решения графа с помощью топологических операций. Чем отличаются косвенные и прямые методы построения сигнального графа пассивных и активных электрических цепей?

10) Опишите процесс построения графа для дискретных компонентов электронных цепей и для функциональных узлов на интегральных схемах. Каков алгоритм построения сигнального графа электронной схемы косвенным и прямым методами?

11) Назовите особенности метода пространства состояний? Приведите основные понятия и определения. Как осуществляется выбор системы линейно независимых переменных состояния для топологически невырожденных электронных цепей? Как осуществляется матричная запись системы уравнений переменных состояния в нормальной форме?

12) Какие существуют методы составления математической модели цепи в пространстве состояний? Опишите алгоритм получения матричного уравнения переменных состояния с помощью топологических матриц. Каковы способы получения выходных уравнений в матричном виде?

13) Назовите особенности малосигнального анализа. Что представляет собой и как проводится частотный метод анализа? Перечислите задачи, решаемые при анализе электронных схем в режиме малого сигнала. Характеристический полином цепи. Нули и полюсы передаточной функции цепи. Устойчивость. Как моделируются свободные и вынужденные колебания в устойчивых электрических цепях?

14) Реакция электронной цепи на тестовые воздействия. Импульсная и переходная характеристики цепи. Какова реакция цепи на произвольное воздействие. Какова характеристика переходных процессов в пассивных и ак-

тивных цепях электронных схем? Опишите АЧХ, импульсную и переходную характеристики.

15) Особенности проведения анализа чувствительности электронных схем. Как определяется чувствительность? Раскройте понятия: чувствительность передаточной функции цепи, чувствительность нулей и полюсов, чувствительность добротности и резонансной частоты в узкополосных системах, многопараметрическая чувствительность.

16) Применение метода присоединенной системы уравнений к анализу чувствительности электронных цепей. Как осуществляется расчет чувствительности к паразитным параметрам? Как определяется температурная чувствительность?

17) Введение в теорию оптимизации. Основные определения и понятия. Что такое условная и безусловная оптимизация? Как найти минимальное значение функции с учётом определённых ограничений с помощью множителей Лагранжа?

18) Квадратичные функции многих переменных. Матрица Гессе. Как осуществляется поиск  $G$  – сопряженных и линейно независимых векторов? Опишите особенности методов: спуска при минимизации, наискорейшего спуска, сопряженного градиента, Ньютона.

19) Проектирование на основе минимизации. Среднеквадратические целевые функции. Минимаксные решения. Как осуществляется минимизация чувствительностей. Анализ цепей методом Монте-Карло?

20) Проектирование на основе минимизации. Опишите процесс минимизации среднеквадратической целевой функции для АЧХ фильтра нижних частот цепи с использованием метода присоединенной системы уравнений для расчета вектора первых производных.

21) Автоматизированный анализ электронных схем. Какова структура пакетов прикладных программ (ППП) по автоматизированному анализу электронных схем?

## **6.6 Примерная тематика курсовых работ**

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

## 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Рекомендуемая литература

#### *Основная литература*

1. Королев, А.Л. Компьютерное моделирование объектов, процессов и систем: учебное пособие / А.Л. Королев, Н.Б. Паршукова. — Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуманитар.-пед. ун-та, 2020. — 329 с. — URL: <https://djvu.online/file/XWDNtz4DahziX> (дата обращения: 30.08.2024).

2. Затонский, А.В. Информационные технологии: учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по направлению "Информатика и вычислительная техника" / А.В. Затонский. — М. : РИОР, 2023 . — 344 с.: ил. (8 экз.)

#### *Дополнительная литература*

1. Ибрагимов, Н.Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические методы. Симметрия и принципы инвариантности / Перевод с англ. И.С. Емельяновой. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2007. — 421 с. — URL: <https://djvu.online/file/yg7CPPLGvDqTW> (дата обращения: 30.08.2024).

2. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов. — Мн.: ДизайнПРО, 2004. — 640 с. — URL: <https://djvu.online/file/v8X4ui3aayQmz> (дата обращения: 30.08.2024).

3. Андриевский, Б.Р. Элементы математического моделирования в программ-ных средах MATLAB 5 и Scilab / Б.Р. Андриевский, А.Л. Фрадков. — СПб.: Наука, 2001. — 286 с. — URL: <https://djvu.online/file/bVyoMabNRRTUq> (дата обращения: 30.08.2024).

4. Смит, Джон М. Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей / Пер. с англ. Н.П. Ильиной; Под ред. О.А. Чембровского. — М.: Машиностроение, 1980. — 271 с. — URL: <https://djvu.online/file/28zFaaHF5yfRz> (дата обращения: 30.08.2024).

### **7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: [library.dstu.education](http://library.dstu.education). — Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.

3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.

4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red). — Текст : электронный.

5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.

## 8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 9.

Таблица 9 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
<p>Специальные помещения:  <i>Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест)</i>            Проектор EPSON EMP-X5 (1 шт.); Домашний кинотеатр HT-475 (1 шт.); персональный компьютер, локальная сеть с выходом в Internet  <i>Компьютерный класс (11 посадочных мест)</i> для групповых и индивидуальных консультаций, организации самостоятельной работы, оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС, доской маркерной магнитной</p>	<p>ауд. <u>206</u> корп. <u>3</u>  ауд. <u>207</u> корп. <u>3</u></p>

Лист согласования РПД

Разработали:

Доцент кафедры  
электроники и радиофизики  
(должность)

  
(подпись)

А.М. Афанасьев  
Ф.И.О.)

Ст.преп. кафедры  
электроники и радиофизики  
(должность)

  
(подпись)

А.В. Еремина  
Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой  
электроники и радиофизики

  
(подпись)

А.М. Афанасьев  
Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры  
электроники и радиофизики

от 30.08.2024 г.

И.о. декана факультета  
информационных технологий и  
автоматизации производственных  
процессов

  
(подпись)

В.В. Дьячкова  
Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической комиссии  
по направлению подготовки 11.03.03  
Конструирование и технология  
электронных средств  
(профиль подготовки  
«Информационные технологии  
проектирования электронных устройств»)

  
(подпись)

А.М. Афанасьев  
Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра

  
(подпись)

О.А. Коваленко  
Ф.И.О.)

## Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	