

# МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

# учреждение высшего образования «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

	УТВЕРЖДАЮ
	Директор института
АКТУАЛИЗИРОВАНО	Электроэнергетики и электроники
решением ученого совета ИЭЭ протокол №7 от 16.04.2024	Р.В. Ахметова
inpotonosi (12) or 10.0 (1,202)	« <u>30</u> » <u>мая</u> 2023 г.
	ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ оды анализа и расчета электронных схем
Направление подготовки	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Квалификация	Бакалавр

# Программу разработал:

Наименование	Должность, уч. степень,	ФИО	
кафедры	уч. звание	разработчика	
Промышленная электроника	Проф., д.фм.н., доц.	Калимуллин Р.И.	

Согласование	Наименование подразделения	Дата	<b>№</b> протокол а	Подпись
Одобрена	Кафедра - разработчик «Промышленная электроника»	12.05.2023	18	Зав. каф., д.фм.н., проф. Голенищев-Кутузов А.В.
Согласована	Выпускающая кафедра «Промышленная электроника»	12.05.2023	18	
Согласована	Учебно- методический совет института Электроэнергетики и электроники	30.05.2023	8	Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет института Электроэнергетики и электроники	30.05.2023	9	

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Методы анализа и расчета электронных схем» является изучение математических основ анализа и расчета аналоговых электронных схем, приобретение навыков схемотехнического моделирования электронных схем различного назначения.

Задачами дисциплины являются:

- научиться строить модели электронных компонентов и определять их параметры по справочным или экспериментальным данным;
- научиться строить электрические схемы замещения аналоговых электронных схем;
- овладеть графоаналитическими, аналитическими и численными методами анализа электронных схем;
- овладеть навыками работы с программами схемотехнического моделирования электронных схем.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Компетенции и индикаторы, ф	ормируемые у обучающихся:			
Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора			
ПК-2. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-2.1. Выполняет расчет электронных приборов, схем и устройств в области электроники и наноэлектроники			
ПК-4. Способен решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей и электронных схем	ПК-4.1. Выбирает наиболее эффективные методы анализа и расчета электронных схем			
ПК-4. Способен решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей и электронных схем	ПК-4.2. Использует методы анализа и расчета электронных узлов и схем в области промышленной электроники			
ПК-4. Способен решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей и электронных схем	ПК-4.3. Составляет основные математические уравнения для решения задач анализа и расчета электронных схем			

# 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины: Математика, Физика, Алгоритмизация и программирование, Теория цепей и сигналов, Физические основы электроники, Схемотехника.

Последующие дисциплины: Автоматизированное проектирование устройств промышленной электроники, Энергетическая электроника.

# 3. Структура и содержание дисциплины

# **3.1. Структура дисциплины** Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего	Всего	Семестр
	3E	часов	6
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	4	144	144
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	88	88
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	2,1	76	76
Лекции	0,83	30	30
Практические (семинарские) занятия	0,44	16	16
Лабораторные работы	0,83	30	30
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	1,9	68	68
Проработка учебного материала	0,9	32	32
Курсовой проект	-	0	0
Курсовая работа	-	0	0
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э

# 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

видам занятии		1					T
Разделы		Распределение			e	Формы и	Индексы индикаторов
дисциплины	0B		трудое			вид	формируемых
	тас	по ви	дам уче	ебной р	аботы	контроля	компетенций
	Всего часов	лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	33	10	8	6	9	TK1	ПК-2.13, ПК-2.1У,
							ПК-2.1В
Раздел 2	22	8	4	4	6		ПК-2.13, ПК-2.1У,
							ПК-2.1В, ПК-4.13,
							ПК-4.1У, ПК-4.1В,
							ПК-4.23, ПК-4.2У,
							ПК-4.2В, ПК-4.33,
						TK2	ПК-4.3У, ПК-4.3В,
Раздел 3	20	4	8	2	6	1 KZ	ПК-2.13, ПК-2.1У,
							ПК-2.1В, ПК-4.13,
							ПК-4.1У, ПК-4.1В,
							ПК-4.23, ПК-4.2У,
							ПК-4.2В, ПК-4.33,
							ПК-4.3У, ПК-4.3В,
Раздел 4	12	2	4	2	4		ПК-2.13, ПК-2.1У,
							ПК-2.1В, ПК-4.13,
						TK3	ПК-4.1У, ПК-4.1В,
							ПК-4.23, ПК-4.2У,
							ПК-4.2В, ПК-4.33,

							ПК-4.3У, ПК-4.3В,
Раздел 5	21	6	6	2	7		ПК-2.13, ПК-2.1У,
							ПК-2.1В, ПК-4.13,
							ПК-4.1У, ПК-4.1В,
							ПК-4.23, ПК-4.2У,
							ПК-4.2В, ПК-4.33,
							ПК-4.3У, ПК-4.3В,
Экзамен	36				36	OM	ПК-2.13, ПК-2.1У,
							ПК-2.1В, ПК-4.13,
							ПК-4.1У, ПК-4.1В,
							ПК-4.23, ПК-4.2У,
							ПК-4.2В, ПК-4.33,
							ПК-4.3У, ПК-4.3В,
ИТОГО	144	30	30	16	68		

## 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Аппроксимация характеристик и определение параметров моделей электронных компонентов.

## Тема 1.1. Виды аппроксимации.

Кусочно-линейная аппроксимация. Аппроксимация полиномом степени п. Аппроксимация логарифмической и экспоненциальной функцией.

#### Тема 1.2. Модели пассивных компонентов и источников

Модель пассивных компонентов. Модели независимых и зависимых источников сигнала.

# Тема 1.3. Модели полупроводникового диода и стабилитрона

Кусочно-линейная модель полупроводникового диода, стабилитрона. Нелинейная модель диода. Малосигнальная модель диода. Построение вольтамперной характеристики диода в программах схемотехнического моделирования.

# Тема 1.4. Модели биполярного транзистора

Кусочно-линейная модель биполярного транзистора для статического анализа. Модель Эберса-Молла. Малосигнальные модели биполярного транзистора. Построение вольт-амперных характеристик биполярного транзистора в программах схемотехнического моделирования.

# Тема 1.5. Модели полевого транзистора

Кусочно-линейная модель полевого транзистора для статического анализа. Кусочно-нелинейная модель полевого транзистора. Малосигнальная модель полевого транзистора. Построение вольт-амперных характеристик полевого транзистора в программах схемотехнического моделирования.

# Тема 1.6. Модели операционного усилителя и компаратора *Модели операционного усилителя. Модель компаратора.*

Раздел 2. Статический анализ электронных схем.

Тема 2.1. Графические методы статического анализа.

Графические методы статического анализа диодных схем. Графические методы статического анализа схем на биполярных транзисторах. Графические методы статического анализа схем на полевых транзисторах.

Тема 2.2. Аналитический статический анализ с применением кусочнолинейных и нелинейных моделей полупроводниковых приборов.

Правила составления схем замещения электронных цепей для статического анализа. Составление и решения систем уравнений по схеме замещения методом контурных токов. Составление и решение систем уравнений по схеме замещения методом узловых потенциалов. Численные методы статического анализа. Статический анализ с помощью программ схемотехнического моделирования.

- Раздел 3. Малосигнальный анализ электронных схем в области средних частот.
- Teма 3.1. Малосигнальный анализ в области средних частот графическим методом.

Малосигнальный анализ в области средних частот графическим методом.

Тема 3.2. Малосигнальный анализ в области средних частот методом эквивалентных схем.

Правила составления эквивалентных схем замещения электронных цепей для малосигнального анализа в области средних частот. Составление и решение систем уравнений по схеме замещения методом узловых потенциалов. Малосигнальный анализ транзисторных схем в области средних частот. Малосигнальный анализ схем с операционными усилителями в области средних частот.

- Раздел 4. Малосигнальный анализ электронных схем в диапазоне частот (частотный анализ).
- Тема 4.1. Малосигнальный анализ в диапазоне частот (частотный анализ). Понятие амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик. Частотный анализ транзисторных схем. Частотный анализ схем с операционными усилителями. Частотный анализ с помощью программ схемотехнического моделирования.
- Раздел 5. Анализ устойчивости и чувствительности схем. Анализ переходных процессов.
  - Тема 5.1. Анализ устойчивости и чувствительности схем.

Общее условие устойчивости. Критерий устойчивости Гурвица. Критерий устойчивости Михайлова.

Тема 5.2. Анализ чувствительности схем.

Абсолютная, относительная и полуотносительная чувствительности и их аналитический расчет для простых функций. Чувствительность к

изменению температуры. Анализ чувствительности и допусков с помощью программ схемотехнического моделирования.

## Тема 5.3. Анализ переходных процессов.

Составление дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа для мгновенных значений напряжений и токов. Методы решения дифференциальных уравнений при анализе переходных процессов. Анализ переходных процессов с помощью программ схемотехнического моделирования.

## 3.4. Тематический план практических занятий

Занятие 1. Определение параметров кусочно-линейной и нелинейной модели полупроводникового диода.

Занятие 2. Определение параметров моделей биполярного транзистора.

Занятие 3. Определение параметров моделей полевого транзистора.

Занятие 4. Графоаналитические методы статического анализа.

Занятие 5. Статический анализ линейных (линеаризованных) электронных схем методом узловых потенциалов.

Занятие 6. Малосигнальный анализ в области средних частот.

Занятие 7. Малосигнальный анализ в диапазоне частот.

Занятие 8. Анализ устойчивости и чувствительности схем.

## 3.5. Тематический план лабораторных работ

Занятие 1. Ввод и редактирование электронных схем в программе Micro-Cap 12.

Занятие 2. Построение вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов в програме Micro-Cap 12.

Занятие 3. Статический анализ схем транзисторных усилителей в программе Micro-Cap 12.

Занятие 4. Анализ работы схем транзисторных усилителей на переменном токе в программе Micro-Cap 12.

Занятие 5. Анализ работы схем усилителей на микросхеме операционного усилителя на переменном токе в программе Micro-Cap 12.

Занятие 6. Частотный анализ схем в программе Micro-Cap 12.

Занятие 7. Анализ чувствительности на постоянном токе в программе Micro-Cap 12.

Занятие 8. Анализ переходных процессов в программе Місго-Сар 12.

# 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

# 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

1111	хала оценки р	СЗУЛЬТАТОВ	ооучения по			
			;		мированности	
				индикатора в		1
		Заплани-	Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
Код компе-	Код индикатора	рованные результаты	от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
тенции	компетенции	обучения по		Шкала оц	енивания	
		дисциплине	отлично	хорошо	удовлет- ворительно	неудов- летвори- тельно
				зачтено		не зачтено
		параметры компоненто электронны схемы, пра электронны	вные модели и связь с в, параметр х схем и из авила состав х схем, прави электронных знает в полном	параметрам ры и хара к связь с па ления схем па расчета па	и и характ ктеристики праметрами к замещения	теристиками аналоговых омпонентов аналоговых
ПК-2	ПК-2.1		объеме основные модели компонент ов электронн ых схем, их параметры и связь с параметра ми и характерис тиками компонент ов, параметры и характерис тики аналоговых электронн ых схем и их связь с параметра ми	модели компонент ов электронн ых схем, их основные параметры и связь с параметра ми и характерис тиками компонент ов, параметры и характерис тики аналоговых электронн ых схем и их связь с параметра ми компонент	модели компонент ов электронн ых схем, их основные параметры, основные параметры и характерис тики аналоговых электронн ых схем, правила составлени я схем замещения аналоговых электронн ых схем, правила составления аналоговых электронн ых схем, правила	компонен тов электронн ых схем, их параметр ы и связь с параметри стиками компонен тов, параметр ы и характери стики аналоговы х электронн ых схем и их связь с параметра ми

	компонент	ов схемы,	И	компонен	
	ов схемы,	правила	характерис	тов	
	правила	составлени	тик	схемы,	
	составлени	я схем	аналоговых	правила	
	я схем	замещения	электронн	составлен	
	замещения	аналоговых	ых схем	ия схем	
	аналоговых	электронн		замещени	
	электронн	ых схем,		Я	
	ых схем,	правила		аналоговы	
	правила	расчета		X	
	расчета	параметров		электронн	
	параметров	И		ых схем,	
	И	характерис		правила	
	характерис	тик		расчета	
	тик	аналоговых		параметро	
	аналоговых	электронн		в и	
	электронн	ых схем		характери	
	ых схем			стик	
				аналоговы	
				X	
				электронн	
				ых схем	
уметь: с	пределять	параметры	моделей к	омпонентов	
-	-				
	IA CACM HO H	х характерист	тикам, состав.	лять схемы	
замещения				лять схемы ассчитывать	
замещения		электронны	х схем, ра	ассчитывать	
замещения	аналоговых	электронны	х схем, ра	ассчитывать	
замещения	аналоговых и характерист	электронны ики аналоговы	х схем, ра іх электронны	х схем	
замещения	аналоговых и характерист в полной	электронны ики аналоговь умеет	х схем, ра іх электронны в целом	ассчитывать их схем не умеет	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет	электронны ики аналоговь умеет определять	х схем, ра іх электронны в целом умеет	иссчитывать их схем не умеет определят	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры	электронны ики аналоговь умеет определять параметры	х схем, ра их электронны в целом умеет определять	их схем  не умеет  определят  ь  параметр	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры	их схем  не умеет  определят  ь  параметр	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры простых	их схем  не умеет  определят  ь  параметр  ы моделей	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей компонент	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей компонент	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры простых моделей	ассчитывать их схем не умеет определят ь параметр ы моделей компонен	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей компонент ов	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей компонент ов	х схем, ра х электронны в целом умеет определять параметры простых моделей компонент	не умеет определят ь параметр ы моделей компонен тов	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей компонент ов электронн	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей компонент ов электронн	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры простых моделей компонент ов	их схем  не умеет определят ь параметр ы моделей компонен тов электронн	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей компонент ов электронн ых схем по	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей компонент ов электронн ых схем по	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры простых моделей компонент ов электронн	не умеет определят ь параметр ы моделей компонен тов электронн ых схем по их	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей компонент ов электронн ых схем по их	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей компонент ов электронных схем по их	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры простых моделей компонент ов электронн ых схем по	не умеет определят ь параметр ы моделей компонен тов электронн ых схем	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры простых моделей компонент ов электронн ых схем по их	пссчитывать их схем не умеет определят ь параметр ы моделей компонен тов электронн ых схем по их характери	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам,	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам,	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры простых моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис	не умеет определят в параметр ы моделей компонен тов электронн ых схем по их характери стикам,	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять схемы	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять схемы	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры простых моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять	не умеет определят в параметр ы моделей компонен тов электронн ых схем по их характери стикам, составлять схемы	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять схемы замещения	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять схемы замещения	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры простых моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять схемы	пссчитывать их схем не умеет определят ь параметр ы моделей компонен тов электронн ых схем по их характери стикам, составлять	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять схемы замещения аналоговых	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять схемы замещения аналоговых	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры простых моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять схемы замещения	песчитывать их схем не умеет определят ь параметр ы моделей компонен тов электронн ых схем по их характери стикам, составлять схемы замещени я	
замещения	аналоговых и характерист в полной мере умеет определять параметры моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять схемы замещения	электронны ики аналоговь умеет определять параметры основных моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять схемы замещения	х схем, ра их электронны в целом умеет определять параметры простых моделей компонент ов электронн ых схем по их характерис тикам, составлять схемы	не умеет определят в параметр ы моделей компонен тов электронн ых схем по их характери стикам, составлять схемы замещени	

ТЬ

тики

параметры

характерис

аналоговых

электронн

ТЬ

тики

параметры

характерис

аналоговых

электронн

ых схем,

рассчитыв

параметр

характери

стики

ать

рассчитыва

параметры

характерис

аналоговых

ТЬ

тики

			ых схем	ых схем	электронн	аналоговы
			BIA CACW	BIX CXCW	ых схем,	X
					совершает	электронн
					негрубые	ых схем,
					ошибки	совершает
					ОШИОКИ	грубые
						ошибки
		DHO HOTY:	MOTORIONIA	04040444	Honovornon	
				определения		
		компоненто	•	ых схем п	-	геристикам,
			расчета пара х схем по их (		рактеристик ения	аналоговых
		1	в полной	владеет	в целом	не владеет
			мере	методами	владеет	методами
			владеет	определени	методами	определен
			методами	Я	определени	ия
			определени	параметров	Я	параметро
			Я	моделей	параметров	в моделей
			параметров	основных	простых	компонен
			моделей	компонент	моделей	тов
			компонент	ОВ	компонент	электронн
			ОВ	электронн	ОВ	ых схем
			электронн	ых схем по	электронн	по их
			ых схем по	их	ых схем по	характери
			их	характерис	их	стикам,
			характерис	тикам,	характерис	методами
			тикам,	методами	тикам,	расчета
			методами	расчета	методами	параметро
			расчета	параметров	расчета	В И
			параметров	И	параметров	характери
			И	характерис	И	стик
			характерис	тик	характерис	аналоговы
			тик	аналоговых	тик	X
			аналоговых	электронн	аналоговых	электронн
			электронн	ых схем по	электронн	ых схем
			ых схем по	их схемам	ых схем по	по их
			их схемам	замещения	их схемам	схемам
			замещения		замещения,	замещени
					совершает	я,
					негрубые	совершает
					ошибки	грубые
						ошибки
		знать: метод	ды анализа и р	1		
			знает в	знает	знает	не знает
			полном	основные	простые	методы
			объеме	методы	методы	анализа и
ПК-4	ПК-4.1		методы	анализа и	анализа и	расчета
111\(\cdot\)-4	111\(\cdot\)-4.1		анализа и	расчета	расчета	электронн
			расчета	электронн	электронн	ых схем
			электронн	ых схем	ых схем	
		VMOTE: DIS	ых схем	l ree oddorau	OHILLA MATARIA	апапило и
		_	ирать наиоо. ктронных схем		вные методы	апализа И
	1	Pac icia siici	KIPOIIIIBIA CACI	<b>71</b>		

	T	I			I	
			в полной	умеет	в целом	не умеет
			мере умеет	выбирать	умеет	выбирать
			выбирать	наиболее	выбирать	наиболее
			наиболее	эффективн	наиболее	эффектив
			эффективн	ые методы	эффективн	ные
			ые методы	анализа и	ые методы	методы
			анализа и	расчета	анализа и	анализа и
			расчета	электронн	расчета	расчета
			электронн	ых схем	электронн	электронн
			ых схем		ых схем,	ых схем
					совершает	
					при этом	
					негрубые	
					ошибки	
		впалеть: ме	L ТОЛИКАМИ ВЫ	і бора наиболе	е эффективні	ых метолов
				-	асчета электро	
			в полной	владеет	в целом	не владеет
			мере	методикам	владеет	методика
			владеет	и выбора	методикам	ми выбора
			методикам	наиболее	и выбора	наиболее
			и выбора	эффективн	наиболее	эффектив
			наиболее	ых методов	эффективн	НЫХ
			эффективн	решения	ых методов	методов
			ых методов	конкретны	решения	решения
			решения	х задач	конкретны	конкретны
			-		_	-
			конкретны	анализа и	х задач	х задач
			х задач	расчета	анализа и	анализа и
			анализа и	электронн	расчета	расчета
			расчета	ых схем	электронн	электронн
			электронн		ых схем,	ых схем
			ых схем		совершает	
					при этом	
					негрубые	
					ошибки	
					овых электро	
		_			нелинейных	
		1	•	•	онных схем	с помощью
		программ сх	кемотехничес	_		
			знает в	знает виды	знает	не знает
			полном	и методы	основные	виды и
			объеме	анализа	виды и	методы
			виды и	аналоговых	методы	анализа
ПК-4	ПК-4.2		методы	электронн	анализа	аналоговы
	1111 1.2		анализа	ых схем,	аналоговых	X
			аналоговых	основные	электронн	электронн
			электронн	методы	ых схем,	ых схем,
			ых схем,	решения	методы	методы
			методы	систем	решения	решения
			решения	линейных	систем	систем
			систем	И	линейных	линейных
			линейных	нелинейны	уравнений,	И
			И	X	методику	нелинейн
	l .	l				

 T	Т	Τ	1	T	
		нелинейны	уравнений,	проведения	ЫХ
		X	методику	основных	уравнений
		уравнений,	проведения	видов	, методику
		методику	анализа	анализа	проведени
		проведения	электронн	электронн	я анализа
		анализа	ых схем с	ых схем с	электронн
		электронн	помощью	помощью	ых схем с
		ых схем с	программ	программ	помощью
		помощью	схемотехни	схемотехни	программ
		программ	ческого	ческого	схемотехн
		схемотехни	моделиров	моделиров	ического
		ческого	ания	ания	моделиров
		моделиров			ания
		ания			
	уметь: прим	пенять матема	тические мето	ды для анали:	за и расчета
	-	х схем, решат			=
	-	программы сх			• •
	1	в полной	умеет	в целом	не умеет
		мере умеет	применять	умеет	применять
		применять	математиче	применять	математич
		математиче	ские	математиче	еские
		ские	методы для	ские	методы
		методы для	анализа и	методы для	для
		анализа и	расчета	анализа и	анализа и
			электронн		
		расчета	-	расчета	расчета
		электронн ых схем,	ĺ	электронн	электронн
		, and the second	решать	ых схем,	ых схем,
		решать	несложные	несложные	решать
		системы	системы		системы
		математиче	математиче	системы	математич
		СКИХ	СКИХ	математиче	еских
		уравнений,	уравнений,	СКИХ	уравнений
		применять	применять	уравнений,	,
		программы	программы	применять	применять
		схемотехни	схемотехни	программы	программ
		ческого	ческого	схемотехни	Ы
		моделиров	моделиров	ческого	схемотехн
		ания	ания	моделиров	ического
				ания,	моделиров
				совершает	ания,
				при этом	совершает
				негрубые	грубые
				ошибки	ошибки
		тодами решен			
		е и расчете э.			и работы с
	программам	и схемотехни		T -	
		в полной	владеет	в целом	не владеет
		мере	методами	владеет	методами
		владеет	решения	методами	решения
		методами	несложных	решения	систем
		решения	систем	простых	математич
		систем	математиче	систем	еских
 	·			·	<u> </u>

		1	I	<u> </u>	1	
			математиче	ских	математиче	уравнений
			ских	уравнений	ских	при
			уравнений	при	уравнений	анализе и
			при	анализе и	при	расчете
			анализе и	расчете	анализе и	электронн
			расчете	электронн	расчете	ых схем,
			электронн	ых схем,	электронн	навыками
			ых схем,	навыками	ых схем,	работы с
			навыками	работы с	основными	программа
			работы с	программа	навыками	МИ
			программа	МИ	работы с	схемотехн
					*	
			МИ	схемотехни	программа	ического
			схемотехни	ческого	МИ	моделиров
			ческого	моделиров	схемотехни	ания,
			моделиров	ания	ческого	совершает
			ания		моделиров	грубые
					ания	ошибки
		знать: прав	вила составле	ения математ	гических ураг	внений для
		анализа и р замещения	асчета аналог	говых электро	онных схем по	их схемам
			в полном	знает	в целом	не знает
			объеме	основные	знает	правила
			знает	правила	основные	составлен
			правила	составлени	правила	ия
			составлени	Я	составлени	математич
			Я	математиче	Я	еских
			математиче	ских	математиче	уравнений
			ских	уравнений	ских	для
			уравнений	для	уравнений	анализа и
			для	анализа и	для	
						расчета
			анализа и	расчета	анализа и	аналоговы
			расчета	аналоговых	расчета	X
			аналоговых	электронн	аналоговых	электронн
			электронн	ых схем по	электронн	ых схем
ПК-4	ПК-4.3		ых схем по	их схемам	ых схем по	по их
			их схемам	замещения	их схемам	схемам
			замещения		замещения,	замещени
					совершает	я,
					негрубые	совершает
					ошибки	грубые
						ошибки
		уметь: сост	гавлять матем	иатические у	равнения для	l .
		-		• .	по их схемам	
			в полной	умеет	в целом	не умеет
			мере умеет	составлять	умеет	составлять
			составлять	математиче	составлять	математич
			математиче	ские	математиче	еские
			ские	уравнения	ские	уравнения
			уравнения	для	уравнения	для
			для	анализа и	ДЛЯ	анализа и
			анализа и	расчета	анализа и	расчета
			расчета	основных	расчета	аналоговы

	элект ых сх их сх	гронн э кем по н кемам и	аналоговых электронн ых схем по их схемам замещения	простых аналоговых электронн ых схем по их схемам замещения,	х электронн ых схем по их схемам замещени	
				совершает негрубые	я, совершает	
				ошибки	грубые	
					ошибки	
ВЛ	адеть: методик	ами сост	гавления мат	гематических	уравнений	
д	я анализа и р	асчета ан	налоговых эл	тектронных с	ехем по их	
cx	емам замещени	Я		,		
	B 1	полной в	владеет	в целом	не владеет	
	мере	N	методикам	владеет	методика	
	владе	еет и	И	методикам	МИ	
	мето	дикам с	составлени	И	составлен	
	И	Я	Я	составлени	ия	
	соста	авлени м	математиче	Я	математич	
	Я	_	ских	математиче	еских	
	мате	матиче у	уравнений	СКИХ	уравнений	
	ских		для	уравнений	для	
	ураві	нений а	анализа и	для	анализа и	
	для	r	расчета	анализа и	расчета	
	анал		основных	расчета	аналоговы	
	расче		аналоговых	простых	X	
			электронн	аналоговых	электронн	
		-	ых схем по	электронн	ых схем	
	ых с		их схемам	ых схем по	по их	
			замещения	их схемам	схемам	
	заме	щения		замещения,	замещени	
				совершает	я,	
				негрубые	совершает	
				ошибки	грубые	
					ошибки	

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

#### 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

## 5.1. Учебно-методическое обеспечение

## 5.1.1. Основная литература

- 1. Легостаев, Н. С. Методы анализа и расчета электронных схем : учебное пособие / Н. С. Легостаев. Москва : ТУСУР, 2014. 237 с. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/110344
- 2. Прохоров, С. Г. Аналоговая электроника в приборостроении. Руководство по решению задач : учебное пособие / С. Г. Прохоров, О. В. Шиндор. Санкт-Петербург : Лань, 2022. 244 с. ISBN 978-5-8114-3983-6. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/206738
- 3. Амелина, М. А. Программа схемотехнического моделирования Місго-Сар. Версии 9, 10 : учебное пособие для вузов / М. А. Амелина, С. А. Амелин. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 632 с. ISBN 978-5-8114-6995-6. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/153923
- 4. Расчет элементов электронных схем : учебное пособие / В. В. Харламов, Р. В. Сергеев, П. К. Шкодун, Л. Е. Серкова. 2-е изд., с изм. Омск : ОмГУПС, 2019. 79 с. ISBN 978-5-949-41247-3. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/165714

## 5.1.2.Дополнительная литература

- 1. Покоев, П. Н. Электроника. Расчет электронных схем: учебное пособие / П. Н. Покоев. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. 82 с. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/178035
- 2. Новиков, Ю. Н. Основные понятия и законы теории цепей, методы анализа процессов в цепях : учебное пособие / Ю. Н. Новиков. 3-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 368 с. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/167861
- 3. Кологривов, В. А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств: учебное пособие / В. А. Кологривов. Москва: ТУСУР, [б. г.]. Часть 1 2012. 120 с. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/4930
- 4. Кологривов, В. А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств: учебное пособие / В. А. Кологривов. Москва: ТУСУР, [б. г.]. Часть 2 2012. 132 с. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/4929

# 5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

<b>№</b> п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Электронно-библиотечная система «Лань»	https://e.lanbook.com/
2	Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»	https://ibooks.ru/
3	Электронно-библиотечная система «book.ru»	https://www.book.ru/
4	Энциклопедии, словари, справочники	http://www.rubricon.com
5	Портал "Открытое образование"	http://npoed.ru

# 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/	http://nlr.ru/
2	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru/	http://window.ed u.ru/
3	Web of Science	https://webofknowledge.com/	https://webofknowledge.com/
4	Scopus	https://www.scopus.com	https://www.scopus.com
5	КиберЛенинка	https://cyberleninka.ru/	https://cyberleninka.ru/
6	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	http://elibrary.ru
7	Национальная электронная библоиотека (НЭБ)	https://rusneb.ru/	https://rusneb.ru/
8	Техническая библиотека	http://techlibrary.ru	http://techlibrary.ru
9	IEEE Xplore	www.ieeexplore.ieee.org	www.ieeexplore.ieee.org
10	Springer	www.springer.com	www.springer.com
11	«Консультант плюс»	http://www.consultant.ru/	http://www.consultant.ru/

# 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

<b>№</b> п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
		Пользовательская	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от

			28.11.2011 Неискл.
			право. Бессрочно
2	Spectrum Software Micro-Cap 12	Пакет программного обеспечения для схемотехнического моделирования	іСвооодная лицензия
3	Microsoft Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	IN₀21/2010 от
4	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
5	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайнвзаимодействия преподавателя и студента	

# 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебнонаглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Лабораторные работы	Компьютерный класс с выходом в Интернет A-405 Компьютерный класс с	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 16 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), программное обеспечение Специализированная учебная мебель на 29
	выходом в Интернет А-410	посадочных мест, 16 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров,

		технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение				
Самостоятельная	Компьютерный класс с	Специализированная учебная мебель на 30				
работа	выходом в Интернет В-600а	посадочных мест, 30 компьютеров,				
		технические средства обучения (мультиме-				
		дийный проектор, компьютер (ноутбук),				
		экран), видеокамеры, программное				
		обеспечение				
		Специализированная мебель, компьютерная				
	Читальный зал	техника с возможностью выхода в Интернет				
	читальный зал библиотеки	и обеспечением доступа в ЭИОС, экран,				
	оиолиотеки	мультимедийный проектор, программное				
		обеспечение				

# 7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с OB3 и инвалидов, имеющих нарушения опорнодвигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с OB3 и инвалидов, размещена на сайте университета <a href="https://www./kgeu.ru">www/kgeu.ru</a>. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с OB3 и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
  - обеспечения возможности для обучающегося получить адресную

консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с OB3 и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
  - обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

# 8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);
- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;
- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;
- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;
- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок противостоять личности, позволяющих экстремизму, ксенофобии, по социальным, расовым, национальным дискриминации религиозным, признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;
- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;
- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;
- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;
- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;
  - повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;
- формирование умения получать знания;

- формп профессиона	ирование навыков льной области.	з анализа	И	синтеза	информации	, в	ТОМ	числе	В

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

<b>№</b> п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					



# МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

# **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ** по дисциплине

Методы а	анализа и расчета электронных схем
Направление подготовки	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Квалификация	Бакалавр

Оценочные материалы по дисциплине «Методы анализа и расчета электронных схем», предназначенные для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

# 1.Технологическая карта

Семестр 6									
		Рейтинговые показа					азател	ТИ	
Наименование раздела	Формы и вид контроля	І текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	ІІ текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
Раздел 1. Аппроксимация	ТК1								
характеристик и								15-	
определение параметров		15	0-15					20	15-20
моделей электронных									
компонентов									
Отчет по лабораторной работе		<u>5</u>							
Практические задание Тест		4							
Раздел 2. Статический	ТК2	4							
газдел 2. Статический анализ электронных схем. Раздел 3. Малосигнальный	1 KZ			15	0-15			15-	15-20
анализ электронных схем в				15	0-15			20	15-20
области средних частот									
Отчет по лабораторной работе				5					
Практическое задание				6					
Тест				4					
Раздел 4. Малосигнальный	ТК3								
анализ электронных схем в									
диапазоне частот									
(частотный анализ).								15-	
Раздел 5. Анализ						15	0-15	20	15-20
устойчивости и									
чувствительности схем.									
Анализ переходных									
процессов					1				
Отчет по лабораторной работе					1	5			
Практическое задание						6			
Тест						4			
Промежуточная аттестация (экзамен)	OM								0-40
Задание промежуточной аттестации									0-15

В письменной форме по					0.25
билетам					0-23

**2.** Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

шк	кала оценки р	сзультатов						
			Уровень сформированности					
			индикатора компетенции					
		Заплани-	Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий		
Код компе-	Код индикатора	рованные результаты	от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54		
тенции	компетенции	обучения по		Шкала оц	енивания			
		дисциплине	отлично	хорошо	удовлет- ворительно	неудов- летвори- тельно		
				зачтено		не зачтено		
		знать: осно	вные модели	компоненто	в электронны	х схем, их		
		параметры	и связь с	параметрам	и и характ	еристиками		
		компоненто	в, параметр	ы и хара	ктеристики	аналоговых		
		электронны	х схем и их	с связь с па	праметрами к	омпонентов		
		схемы, пра	авила состав	ления схем	замещения	аналоговых		
		электронны	х схем, прави	ла расчета пар	раметров и хај	рактеристик		
		аналоговых	электронных	схем	Γ	Γ		
			знает в	знает	знает	не знает		
			полном	основные	простые	модели		
			объеме	модели	модели	компонен		
			основные	компонент	компонент	ТОВ		
			модели	ОВ	ОВ	электронн		
			компонент	электронн	электронн	ых схем,		
			OB	ых схем, их	ых схем, их	ИХ		
			электронн	основные	ОСНОВНЫЕ	параметр ы и связь		
			ых схем, их параметры	параметры и связь с	параметры, основные	С		
ПК-2	ПК-2.1		и связь с	параметра	параметры	параметра		
1110 2	1111 2.1		параметра	ми и	И	ми и		
			ми и	характерис	характерис	характери		
			характерис	тиками	тики	стиками		
			тиками	компонент	аналоговых	компонен		
			компонент	OB,	электронн	тов,		
			OB,	параметры	ых схем,	параметр		
			параметры	И	правила	ы и		
			И	характерис	составлени	характери		
			характерис	тики	я схем	стики		
			тики	аналоговых	замещения	аналоговы		
			аналоговых	электронн	аналоговых	X		
			электронн	ых схем и	электронн	электронн		
			ых схем и	их связь с	ых схем,	ых схем и		
			их связь с	параметра	правила	их связь с		
			параметра	МИ	расчета	параметра		
			МИ	компонент	параметров	МИ		
			компонент	ов схемы,	И	компонен		

ов схемы, правила характер	оис тов
правила составлени тик	схемы,
составлени я схем аналогов	вых правила
я схем замещения электрон	ін составлен
замещения аналоговых ых схем	ия схем
аналоговых электронн	замещени
электронн ых схем,	Я
ых схем, правила	аналоговы
правила расчета	X
расчета параметров	электронн
параметров и	ых схем,
и характерис	правила
характерис тик	расчета
тик аналоговых	параметро
аналоговых электронн	В И
электронн ых схем	характери
ых схем	OTTATA
BIA CAOM	стик
BIA CACAL	аналоговы
	_
	аналоговы
	аналоговы х
уметь: определять параметры моделей	аналоговы х электронн
уметь: определять параметры моделей электронных схем по их характеристикам, со	аналоговы х электронн ых схем компонентов ставлять схемы
уметь: определять параметры моделей электронных схем по их характеристикам, со замещения аналоговых электронных схем,	аналоговы х электронн ых схем компонентов ставлять схемы рассчитывать
уметь: определять параметры моделей электронных схем по их характеристикам, со замещения аналоговых электронных схем, параметры и характеристики аналоговых электро	аналоговы х электронн ых схем компонентов ставлять схемы рассчитывать онных схем
уметь: определять параметры моделей электронных схем по их характеристикам, со замещения аналоговых электронных схем, параметры и характеристики аналоговых электро в полной умеет в цел	аналоговы х электронн ых схем компонентов ставлять схемы рассчитывать онных схем
уметь: определять параметры моделей электронных схем по их характеристикам, со замещения аналоговых электронных схем, параметры и характеристики аналоговых электро в полной умеет в цел мере умеет определять умеет	аналоговы х электронн ых схем компонентов ставлять схемы рассчитывать онных схемы он не умеет определят
уметь: определять параметры моделей электронных схем по их характеристикам, со замещения аналоговых электронных схем, параметры и характеристики аналоговых электро в полной умеет в цел мере умеет определять умеет определять параметры определя	аналоговы х электронн ых схем компонентов ставлять схемы рассчитывать онных схем пом не умеет определят ь
уметь: определять параметры моделей электронных схем по их характеристикам, со замещения аналоговых электронных схем, параметры и характеристики аналоговых электро в полной умеет в цел мере умеет определять умеет определять параметры определя параметры основных параметр	аналоговы х электронн ых схем компонентов ставлять схемы рассчитывать онных схем пом не умеет определят вы параметр
уметь: определять параметры моделей электронных схем по их характеристикам, со замещения аналоговых электронных схем, параметры и характеристики аналоговых электро в полной умеет в цел мере умеет определять умеет определять параметры определя	аналоговы х электронн ых схем компонентов ставлять схемы рассчитывать онных схем пом не умеет определят ь параметр ы моделей

в полной	умеет	в целом	не умеет
мере умеет	определять	умеет	определят
определять	параметры	определять	Ь
параметры	основных	параметры	параметр
моделей	моделей	простых	ы моделей
компонент	компонент	моделей	компонен
ОВ	OB	компонент	TOB
электронн	электронн	OB	электронн
ых схем по	ых схем по	электронн	ых схем
ИХ	ИХ	ых схем по	по их
характерис	характерис	ИХ	характери
тикам,	тикам,	характерис	стикам,
составлять	составлять	тикам,	составлять
схемы	схемы	составлять	схемы
замещения	замещения	схемы	замещени
аналоговых	аналоговых	замещения	Я
электронн	электронн	аналоговых	аналоговы
ых схем,	ых схем,	электронн	X
рассчитыва	рассчитыва	ых схем,	электронн
ТЬ	ТЬ	рассчитыва	ых схем,
параметры	параметры	ТЬ	рассчитыв
И	И	параметры	ать
характерис	характерис	И	параметр
тики	тики	характерис	ы и
аналоговых	аналоговых	тики	характери
электронн	электронн	аналоговых	стики
ых схем	ых схем	электронн	аналоговы

					LIV OYOU	v
					ых схем,	Х
					совершает	электронн
					негрубые	ых схем,
					ошибки	совершает
						грубые
						ошибки
		владеть:		определения	параметров	
		компоненто	-	ых схем п	-	теристикам,
		-	расчета параг	-		аналоговых
		электронны	х схем по их с	хемам замеще	ения	T
			в полной	владеет	в целом	не владеет
			мере	методами	владеет	методами
			владеет	определени	методами	определен
			методами	Я	определени	ия
			определени	параметров	Я	параметро
			Я	моделей	параметров	в моделей
			параметров	основных	простых	компонен
			моделей	компонент	моделей	тов
			компонент	ОВ	компонент	электронн
			ОВ	электронн	ОВ	ых схем
			электронн	ых схем по	электронн	по их
			ых схем по	ИХ	ых схем по	характери
			их	характерис	их	стикам,
			характерис	тикам,	характерис	методами
			тикам,	методами	тикам,	расчета
			методами	расчета	методами	параметро
			расчета	параметров	расчета	В И
			параметров	И	параметров	характери
			И	характерис	И	стик
			характерис	тик	характерис	аналоговы
			тик	аналоговых	тик	X
			аналоговых	электронн	аналоговых	электронн
			электронн	ых схем по	электронн	ых схем
			ых схем по	их схемам	ых схем по	по их
			их схемам	замещения	их схемам	схемам
			замещения	эштещения	замещения,	замещени
			эшмощония		совершает	я,
					негрубые	л, совершает
					ошибки	грубые
					ошиоки	ошибки
		знать: метол	<u>I</u> ды анализа и р	  асчета эпектр	 Онных суем	ошиоки
		Sharb. Wellog	знает в	знает	знает	не знает
			полном	основные	простые	методы
			объеме	методы	методы	анализа и
			методы	анализа и	анализа и	расчета
			анализа и			электронн
ПК-4			i amamina n	расчета	расчета	-
	ПК-4.1		пасцета	THEKTHOULI	THEKTHOULI	LIY CVAM
	ПК-4.1		расчета	электронн	электронн	ых схем
	ПК-4.1		электронн	электронн ых схем	электронн ых схем	ых схем
	ПК-4.1	VMATI · DIVÍ	электронн ых схем	ых схем	ых схем	
	ПК-4.1	_	электронн ых схем бирать наибол	ых схем пее эффектив	ых схем	
	ПК-4.1	_	электронн ых схем	ых схем пее эффектив	ых схем	

			мере умеет выбирать	выбирать наиболее	умеет выбирать	выбирать наиболее
			наиболее	эффективн	наиболее	эффектив
			эффективн	ые методы	эффективн	ные
			ые методы	анализа и	ые методы	методы
			анализа и	расчета	анализа и	анализа и
			расчета	электронн	расчета	расчета
			электронн	ых схем	электронн	электронн
			ых схем		ых схем,	ых схем
					совершает	
					при этом	
					негрубые	
					ошибки	
				-	е эффективні асчета электро	
		решения кол	в полной	владеет	в целом	не владеет
			мере	методикам	владеет	методика
			владеет	и выбора	методикам	ми выбора
			методикам	наиболее	и выбора	наиболее
			и выбора	эффективн	наиболее	эффектив
			наиболее	ых методов	эффективн	ных
			эффективн	решения	ых методов	методов
			ых методов	конкретны	решения	решения
			решения	х задач	конкретны	конкретны
			конкретны	анализа и	х задач	х задач
			х задач	расчета	анализа и	анализа и
			анализа и	электронн	расчета	расчета
			расчета	ых схем	электронн	электронн
			электронн		ых схем,	ых схем
			ых схем		совершает	
					при этом	
					негрубые	
					ошибки	
					овых электро	
					нелинейных	
			•	•	онных схем	с помощью
		программ сх	кемотехническ			
			знает в	знает виды	знает	не знает
			полном	и методы	основные	виды и
			объеме	анализа	виды и	методы
			виды и	аналоговых	методы	анализа
ПК-4	ПК-4.2		методы анализа	электронн ых схем,	анализа аналоговых	аналоговы х
1111	11111-4.2		анализа	основные	электронн	электронн
		I			ых схем,	ых схем,
			электронн	MC LOUIDI		V/1VIVI.
			электронн ых схем.	методы решения	*	r l
			ых схем,	решения	методы	методы
			ых схем, методы		*	r l
			ых схем,	решения систем	методы решения	методы решения
			ых схем, методы решения	решения систем линейных	методы решения систем	методы решения систем
			ых схем, методы решения систем	решения систем линейных и	методы решения систем линейных	методы решения систем линейных

	1					<u>_</u>
			X	методику	основных	уравнений
			уравнений,	проведения	видов	, методику
			методику	анализа	анализа	проведени
			проведения	электронн	электронн	я анализа
			анализа	ых схем с	ых схем с	электронн
			электронн	помощью	помощью	ых схем с
			ых схем с	программ	программ	помощью
			помощью	схемотехни	схемотехни	программ
			программ	ческого	ческого	схемотехн
			схемотехни	моделиров	моделиров	ического
			ческого	ания	ания	моделиров
			моделиров			ания
			ания			
		уметь: прим	енять матема	тические мето	ды для анали:	за и расчета
		•			тематических	-
		-	· <del>-</del>		ого моделиров	• •
		-	в полной	умеет	в целом	не умеет
			мере умеет	применять	умеет	применять
			применять	математиче	применять	математич
			математиче	ские	математиче	еские
			ские	методы для	ские	методы
			методы для	анализа и	методы для	для
			анализа и	расчета	анализа и	анализа и
			расчета	электронн	расчета	расчета
			электронн	ых схем,	электронн	электронн
			=		_	_
			<i>,</i>	решать	ых схем,	·
			решать	несложные	решать	решать
			системы	системы	несложные	системы
			математиче	математиче	системы	математич
			СКИХ	СКИХ	математиче	еских
			уравнений,	уравнений,	ских	уравнений
			применять	применять	уравнений,	,
			программы	программы	применять	применять
			схемотехни	схемотехни	программы	программ
			ческого	ческого	схемотехни	Ы
			моделиров	моделиров	ческого	схемотехн
			ания	ания	моделиров	ического
					ания,	моделиров
					совершает	ания,
					при этом	совершает
					негрубые	грубые
					ошибки	ошибки
		владеть: ме	тодами решен	ния систем ма	тематических	уравнений
		при анализе	е и расчете э	лектронных с	хем, навыкам	и работы с
		программам	и схемотехни	ческого модел	шрования	
			в полной	владеет	в целом	не владеет
			мере	методами	владеет	методами
			владеет	решения	методами	решения
			методами	несложных	решения	систем
			решения	систем	простых	математич
			систем	математиче	систем	еских
			математиче	ских	математиче	уравнений
I.	1					- J

	1		OVATATA.	vm05	OVATAL.	TTOYY
			ских	уравнений	ских	при
			уравнений	при	уравнений	анализе и
			при	анализе и	при	расчете
			анализе и	расчете	анализе и	электронн
			расчете	электронн	расчете	ых схем,
			электронн	ых схем,	электронн	навыками
			ых схем,	навыками	ых схем,	работы с
			навыками	работы с	основными	программа
			работы с	программа	навыками	МИ
			программа	МИ	работы с	схемотехн
			ми	схемотехни	программа	ического
			схемотехни	ческого	МИ	моделиров
			ческого	моделиров	схемотехни	ания,
			моделиров	ания	ческого	совершает
			ания	WIIII	моделиров	грубые
			WIIII/I		ания	ошибки
		энэтг праг	рипа составля	LILIA MATEMAT	тических уран	l .
					онных схем по	
			в полном	знает	в целом	не знает
			объеме	основные	знает	правила
			знает	правила	основные	составлен
			правила	составлени	правила	ия
			составлени	Я	составлени	математич
			Я	математиче	Я	еских
			математиче	ских	математиче	уравнений
			ских	уравнений	ских	ДЛЯ
			уравнений	для	уравнений	анализа и
			для	анализа и	для	расчета
			анализа и	расчета	анализа и	аналоговы
			расчета	аналоговых	расчета	X
			аналоговых	электронн	аналоговых	
			электронн	_	электронн	электронн
			-	ых схем по	-	ых схем
ПК-4	ПК-4.3		ых схем по	их схемам	ых схем по	по их
			их схемам	замещения	их схемам	схемам
			замещения		замещения,	замещени
					совершает	Я,
					негрубые	совершает
					ошибки	грубые
						ошибки
		уметь: сост	гавлять матем	иатические уј	равнения для	анализа и
		расчета ана.	поговых элект	ронных схем	по их схемам	замещения
			в полной	умеет	в целом	не умеет
			мере умеет	составлять	умеет	составлять
			составлять	математиче	составлять	математич
			математиче	ские	математиче	еские
			ские	уравнения	ские	уравнения
			уравнения	для	уравнения	для
			для	анализа и	ДЛЯ	анализа и
			анализа и	расчета	анализа и	расчета
			расчета	основных	расчета	аналоговы
			аналоговых	аналоговых	простых	X
L		I.	WIIWIOI ODDIA	WIIWIOI ODDIA	I I POUT DIA	**

	электронн	электронн	аналоговых	электронн
	ых схем по	ых схем по	электронн	ых схем
	их схемам	их схемам	ых схем по	по их
	замещения	замещения	их схемам	схемам
	замещения	замещения		
			замещения,	замещени
			совершает	я,
			негрубые	совершает
			ошибки	грубые
				ошибки
	етодиками со			• •
для анализ	а и расчета	аналоговых э	лектронных с	ехем по их
схемам заме				
	в полной	владеет	в целом	не владеет
	мере	методикам	владеет	методика
	владеет	И	методикам	МИ
	методикам	составлени	И	составлен
	И	Я	составлени	ия
	составлени	математиче	Я	математич
	Я	ских	математиче	еских
	математиче	уравнений	ских	уравнений
	ских	для	уравнений	для
	уравнений	анализа и	для	анализа и
	для	расчета	анализа и	расчета
	анализа и	основных	расчета	аналоговы
	расчета	аналоговых	простых	X
	аналоговых	электронн	аналоговых	электронн
	электронн	ых схем по	электронн	ых схем
	ых схем по	их схемам	ых схем по	по их
	их схемам	замещения	их схемам	схемам
	замещения	,	замещения,	замещени
			совершает	я,
			негрубые	совершает
			ошибки	грубые
			omnown	ошибки
l				ошиоки

Оценка «отлично» выставляется за выполнение заданий практических занятий, лабораторных работ и тестов; глубокое понимание принципов и методов анализа и расчета электронных схем, умение определять параметры моделей электронных компонентов по их характеристикам, умение составлять эквивалентные схемы замещения и записывать математические уравнения, описывающие электронные схемы, проводить анализ и расчет электронных схем, умение использовать программы схемотехнического моделирования для анализа и расчета электронных схем; полные и содержательные ответы на билета вопросы экзаменационного И на дополнительные вопросы экзаменатора.

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение заданий практических занятий, лабораторных работ и тестов; понимание принципов и методов анализа и расчета электронных схем, умение определять параметры основных моделей электронных компонентов по их характеристикам, умение составлять эквивалентные схемы замещения и записывать математические уравнения,

описывающие электронные схемы, проводить анализ и расчет электронных схем, умение использовать программы схемотехнического моделирования для анализа и расчета электронных схем; ответы на вопросы экзаменационного билета.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение заданий практических занятий, лабораторных работ и тестов.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение заданий практических занятий, лабораторных работ и тестов.

## 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по лисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

# 4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Примеры заданий

# Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ПК-2. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-2.1. Выполняет расчет электронных приборов, схем и устройств в области электроники и наноэлектроники).

$\alpha$

_		
	D.	<b>D</b>
	Ronnoc	Варианты ответа
	Donpoc	Βάρααπηδί θηδείτα

Каким выражением	$(U_n,)$
описывается источник	$I_{p-n} = I_s \exp\left(\frac{U_{p-n}}{m_{0-n}} + 1\right)$
тока в нелинейной модели	$(m\varphi_{\rm T})$
диода?	$ I_{p-n} = I_s \exp\left(\frac{m\varphi_{\rm T}}{U_{p-n}} - 1\right) $
	$+I_{p-n} = I_s \exp\left(\frac{U_{p-n}}{m\varphi_{\mathrm{T}}} - 1\right)$
	$ I_{p-n} = I_s \exp\left(\frac{m\varphi_{\mathrm{T}}}{U_{p-n}} + 1\right) $
Что представлено на	кусочно-линейная модель биполярного транзистора
приведенном рисунке?	нелинейная модель полевого транзистора с управляющим р-п-
$I_{p-n}$	переходом
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	нелинейная модель диода
	модель Эберса-Молла для биполярного транзистора
$C_{ ilde{ ext{o}} ext{ap}}$	
+	
$C_{\mu\nu\Phi}$	
$\Box$	
<i>V</i> × × × × ×	(, , , ,
Какой системой уравнений	$\int i_{6} = h_{119} i_{K} + h_{129} u_{69};$
описывается модель	$i_{\rm K} = h_{219} i_{\rm \tilde{0}} + h_{229} u_{\rm K9}.$
биполярного транзистора в h-параметрах?	$\int u_{69} = h_{119} i_6 + h_{129} u_{K9};$
в п-параметрах:	
	$i_{K} = h_{219} i_{\tilde{0}} + h_{229} u_{K9}.$
	$\int u_{69} = h_{119} i_6 + h_{129} u_{K9};$
	$i_{\rm K} = h_{219} i_{\rm G} + h_{229} u_{\rm K9}.$
	$\int u_{69} = h_{119} i_6 + h_{129} i_K;$
	$\begin{cases} u_{K9} = h_{213} i_6 + h_{223} i_K. \end{cases}$
<i>V</i>	
Какой системой уравнений описывается модель	$\int u_{69} = y_{113} i_6 + y_{123} i_K;$
биполярного транзистора	$u_{K9} = y_{219} i_6 + y_{229} i_K.$
в у-параметрах?	$\left(u_{69} = y_{119} i_6 + y_{129} u_{69};\right)$
	$\begin{cases} i_{K} = y_{219} i_{6} + y_{229} u_{K9}. \end{cases}$
	$\begin{cases} i_{6} = y_{113} u_{63} + y_{123} u_{K3}; \\ \vdots \end{cases}$
	$i_{\rm K} = y_{219} u_{69} + y_{229} u_{\rm K9}.$
Что обозначается через	входное сопротивление
$h_{22}$ в малосигнальной	входная проводимость
модели биполярного	выходное сопротивление
транзистора в $h$ -	выходная проводимость
параметрах?	коэффициент обратной связи по напряжению
	коэффициент передачи тока
Что обозначается через	входное сопротивление
$h_{21}$ в малосигнальной	коэффициент обратной связи по напряжению
модели биполярного	входная проводимость

транзистора	в	h-	выходное сопротивление
параметрах?			выходная проводимость
			коэффициент передачи тока

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика и содержит 50 тестовых вопросов на каждую компетенцию, из них 20% - закрытого типа, 80% - открытого типа.

# Лабораторная работа 1 «Ввод и редактирование электронных схем в программе Micro-Cap 12»

## Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы:

- 1. Каков порядок ввода резистора в программе Місго-Сар 12?
- 2. Как обозначаются в программе Micro-Cap 12 десятичные приставки «кило-», «мега-», «милли-»?
  - 3. Каков порядок ввода конденсатора в программе Місго-Сар 12?
- 4. Как обозначаются в программе Micro-Cap 12 десятичные приставки «микро-», «нано-», «пико-»?
- 5. Каков порядок ввода катушки индуктивности в программе Micro-Cap 12?
  - 6. Каков порядок ввода диода, транзистора в программе Micro-Cap 12?
- 7. Каков порядок ввода операционного усилителя, компаратора в программе Micro-Cap 12?
- 8. Как можно поменять пространственную ориентацию компонента при его вводе? После ввода?
  - 9. Как можно поменять параметры компонента после ввода?
- 10. Как можно поменять марку полупроводникового компонента (диода, транзистора) после ввода?
  - 11. Как можно поменять параметры компонента после ввода?
- 12. Как рисуются соединительные провода, как создаются соединительные узлы (контакты) в программе Micro-Cap 12?

# Перечень требований к отчету

Лабораторная работа выполняется на компьютере в программной среде Micro-Cap 12 согласно методическим указаниям о выполнении лабораторной работы.

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).

Титульный лист отчёта должен содержать фразу: «Отчёт по лабораторной работе «Название работы» по дисциплине «Название дисциплины», чуть ниже: Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)». Внизу листа следует указать текущий год.

Отчёт должен содержать следующие основные разделы:

- 1. Цель работы.
- 2. Теоретическая часть.
- 3. Анализируемые схемы.
- 4. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики, скриншоты программ).
  - 5. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).

# Лабораторная работа 2 «Построение вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов в програме Micro-Cap 12»

## Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы:

- 1. Перечислите перечень действий при построении вольт-амперной характеристики диода в программе Micro-Cap 12?
- 2. Перечислите перечень действий при построении вольт-амперной характеристики биполярного транзистора в программе Micro-Cap 12?
- 3. Перечислите перечень действий при построении вольт-амперной характеристики полевого транзистора в программе Micro-Cap 12?

## Перечень требований к отчету

Лабораторная работа выполняется на компьютере в программной среде Micro-Cap 12 согласно методическим указаниям о выполнении лабораторной работы.

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).

Титульный лист отчёта должен содержать фразу: «Отчёт по лабораторной работе «Название работы» по дисциплине «Название дисциплины», чуть ниже: Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)». Внизу листа следует указать текущий год.

Отчёт должен содержать следующие основные разделы:

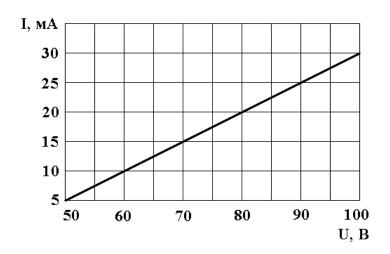
- 1. Цель работы.
- 2. Теоретическая часть.
- 3. Анализируемые схемы.
- 4. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики, скриншоты программ).
  - 5. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).

## Практическое задание

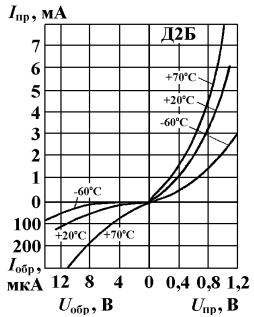
Примеры практических заданий:

#### Задача 1

Найти проводимость элемента, фрагмент вольт-амперной характеристики которого представлен на рисунке.

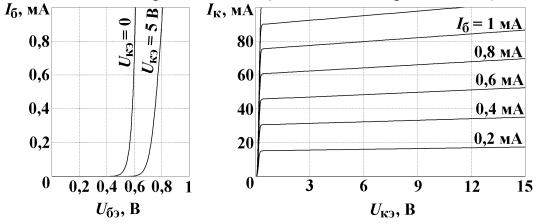


Задача 2 По вольт-амперным характеристикам диода Д2Б определить параметры его кусочно-линейной модели при температуре окружающей среды 20°C.



Задача З

По справочным вольт-амперным характеристикам биполярного транзистора определить параметры его малосигнальной модели в h-параметрах в усилительной области при токе базы  $I_{\rm 0}=0.8$  мА и напряжении  $U_{\rm K3}=9$  В.



### Для текущего контроля ТК2:

Проверяемые компетенции:

ПК-2. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-2.1. Выполняет расчет электронных приборов, схем и устройств в области электроники и наноэлектроники);

ПК-4. Способен решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей и электронных схем (ПК-4.1. Выбирает наиболее эффективные методы анализа и расчета электронных схем; ПК-4.2. Использует методы анализа и расчета электронных узлов и схем в области промышленной электроники; ПК-4.3. Составляет основные математические уравнения для решения задач анализа и расчета электронных схем).

Тест

Tect	
Вопрос	Варианты ответа
Как преобразуют схему	индуктивности разрывают, а емкости закорачивают
перед проведением	индуктивности закорачивают, а емкости разрывают
статического анализа?	источники постоянного тока и индуктивности разрывают, а
	источники постоянного напряжения и емкости
	закорачивают
	источники постоянного тока и индуктивности
	закорачивают, а источники постоянного напряжения и
	емкости разрывают
На каком из рисунков представлена обобщенная вольт-амперная характеристика цепи (НЭ $_{\Sigma}$ ), состоящей из двух включенных параллельно нелинейных элементов НЭ $_1$ и НЭ $_2$ ?	$\begin{array}{c c} I & H \ni_1 & H \ni_2 \\ \hline & & & U \\ \hline \\ I & H \ni_{\Sigma} & H \ni_1 \\ \hline & & & H \ni_2 \\ \hline & & & & U \\ \hline \\ & & & & & U \\ \hline \end{array}$

Какое приведенных  $U_{69} = E_1 - I_6 R_1$ из уравнений является  $U_{59} = E_1 - I_5 R_1 - I_5 R_3 (\beta + 1)$ уравнением нагрузочной  $U_{69} = E_1 - I_6 R_1 - I_6 R_3 \beta$ входной цепи прямой для показанного на рисунке каскада? Какое  $U_{\text{K3}} = E_2 - I_{\text{K}} R_2$ приведенных из уравнений является  $U_{K3} = E_2 - I_K R_2 - I_K R_3 \frac{\beta}{\beta + 1}$   $U_{K3} = E_2 - I_K R_2 - I_K R_3 \frac{\beta + 1}{\beta}$ нагрузочной уравнением прямой для выходной цепи показанного рисунке на каскада? Как преобразуют схему индуктивности и емкости разрывают, а все источники перед проведением закорачивают малосигнального анализа индуктивности и емкости закорачивают, а все источники в области средних разрывают частот? источники постоянного тока и индуктивности разрывают, а источники постоянного напряжения емкости закорачивают постоянного напряжения и индуктивности источники закорачивают, а источники постоянного тока и емкости разрывают источники постоянного тока и индуктивности разрывают, а источники постоянного напряжения емкости закорачивают источники постоянного тока индуктивности закорачивают, а источники постоянного напряжения и емкости разрывают Что является постоянные токи и напряжения, протекающие в схеме результатом переменные токи и напряжения, протекающие в схеме

схемы

коэффициенты усиления, входное и выходное сопротивления

входные и выходные вольт-амперные характеристики схемы

малосигнального анализа?

результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика и содержит 50 тестовых вопросов на каждую компетенцию, из них 20% - закрытого типа, 80% - открытого типа.

# Лабораторная работа 3 «Статический анализ схем транзисторных усилителей в программе Micro-Cap 12»

### Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы:

- 1. Поясните порядок ввода схемы усилителя в программе Місго-Сар 12.
- 2. Перечислите перечень действий при статическом анализе транзисторного усилителя в программе Micro-Cap 12.
- 3. Как определить мощности, выделяющиеся в элементах схемы в режиме постоянного тока в программе Micro-Cap 12?
- 4. Как определить состояние транзисторов (закрыт, в линейном режиме, в насыщении, пробой) в режиме постоянного тока в программе Micro-Cap 12?

### Перечень требований к отчету

Лабораторная работа выполняется на компьютере в программной среде Micro-Cap 12 согласно методическим указаниям о выполнении лабораторной работы.

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).

Титульный лист отчёта должен содержать фразу: «Отчёт по лабораторной работе «Название работы» по дисциплине «Название дисциплины», чуть ниже: Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)». Внизу листа следует указать текущий год.

Отчёт должен содержать следующие основные разделы:

- 1. Цель работы.
- 2. Теоретическая часть.
- 3. Анализируемые схемы.
- 4. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики, скриншоты программ).
  - 5. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).

# Лабораторная работа 4 «Анализ работы схем транзисторных усилителей на переменном токе в программе Micro-Cap 12».

# Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы:

- 1. Поясните порядок ввода схемы усилителя в программе Micro-Cap 12.
- 2. Перечислите перечень действий при анализе работы транзисторного усилителя по переменному току в программе Micro-Cap 12.
- 3. Как определить коэффициенты усиления по току и по напряжению транзисторного усилителя в программе Micro-Cap 12?
- 4. Как поменять вид получаемых графиков (фон, цвет, временной диапазон)?

### Перечень требований к отчету

Лабораторная работа выполняется на компьютере в программной среде Micro-Cap 12 согласно методическим указаниям о выполнении лабораторной работы.

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).

Титульный лист отчёта должен содержать фразу: «Отчёт по лабораторной работе «Название работы» по дисциплине «Название дисциплины», чуть ниже: Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)». Внизу листа следует указать текущий год.

Отчёт должен содержать следующие основные разделы:

- 1. Цель работы.
- 2. Теоретическая часть.
- 3. Анализируемые схемы.
- 4. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики, скриншоты программ).
  - 5. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).

# Лабораторная работа 5 «Анализ работы схем усилителей на микросхеме операционного усилителя на переменном токе в программе Micro-Cap 12»

# Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы:

- 1. Поясните порядок ввода схемы усилителя в программе Місго-Сар 12.
- 2. Перечислите перечень действий при анализе работы усилителя на микросхеме операционного усилителя по переменному току в программе Micro-Cap 12.
- 3. Как определить коэффициенты усиления по току и по напряжению усилителя на микросхеме операционного усилителя в программе Micro-Cap 12?
- 4. Как поменять вид получаемых графиков (фон, цвет, временной диапазон)?

# Перечень требований к отчету

Лабораторная работа выполняется на компьютере в программной среде Micro-Cap 12 согласно методическим указаниям о выполнении лабораторной работы.

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).

Титульный лист отчёта должен содержать фразу: «Отчёт по лабораторной работе «Название работы» по дисциплине «Название дисциплины», чуть ниже:

Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)». Внизу листа следует указать текущий год.

Отчёт должен содержать следующие основные разделы:

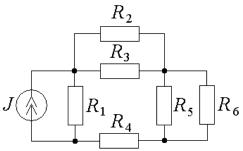
- 1. Цель работы.
- 2. Теоретическая часть.
- 3. Анализируемые схемы.
- 4. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики, скриншоты программ).
  - 5. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).

#### Практическое задание

Примеры практических заданий:

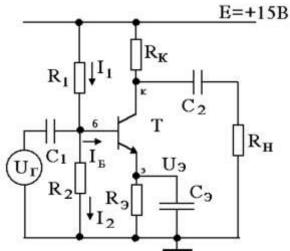
#### Задача 1

Для приведенной на рисунке схемы определить потенциалы всех узлов и токи всех ветвей. J=2 A,  $R_1=1$  Ом,  $R_2=5$  Ом,  $R_3=3$  Ом,  $R_4=2$  Ом,  $R_5=10$  Ом,  $R_6=1$  Ом.



#### Задача 2

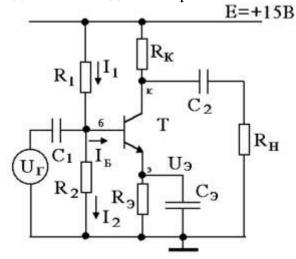
Рассчитать по постоянному току транзисторный каскад с общим эмиттером, схема которого приведена на рисунке. Параметры схемы и транзистора:  $E=15~{\rm B},~R_1=100~{\rm кOm},~R_2=51~{\rm kOm},~R_3=4,3~{\rm kOm},~R_\kappa=5,1~{\rm kOm},~\beta=100,~U_{63}\approx0,7~{\rm B}.$ 



#### Задача З

Рассчитать по переменному току транзисторный каскад с общим эмиттером, схема которого приведена на рисунке. Параметры схемы и транзистора:  $E=15~\mathrm{B},~R_1=100~\mathrm{kOm},~R_2=51~\mathrm{kOm},~R_3=4,3~\mathrm{kOm},~R_\kappa=5,1~\mathrm{kOm},$ 

 $\beta = 100, \ U_{69} \approx 0.7 \ \mathrm{B}$ . Найти коэффициенты усиления по току, напряжению и мощности, а также входное и выходное сопротивления каскада.



### Для текущего контроля ТК3:

Проверяемые компетенции:

ПК-2. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования (ПК-2.1. Выполняет расчет электронных приборов, схем и устройств в области электроники и наноэлектроники);

ПК-4. Способен решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей и электронных схем (ПК-4.1. Выбирает наиболее эффективные методы анализа и расчета электронных схем; ПК-4.2. Использует методы анализа и расчета электронных узлов и схем в области промышленной электроники; ПК-4.3. Составляет основные математические уравнения для решения задач анализа и расчета электронных схем).

Тест

Вопрос	Варианты ответа
Что является	входные и выходные вольт-амперные характеристики в
результатом анализа	зависимости от частоты
схемы в диапазоне	передаточные функции в зависимости от частоты
частот?	токи ветвей и напряжения узлов в зависимости от частоты
Каким выражением	$\frac{1}{2}$
описывается амплитудно- частотная характеристика схемы с передаточной функцией	$k_{u}(\omega) = \frac{RC}{\sqrt{\left(\frac{1}{RC}\right)^{2} + \omega^{2}}}$
$k_u(p) = \frac{\frac{1}{RC}}{P + \frac{1}{RC}}$ ?	$k_{u}(\omega) = \frac{\frac{1}{RC}}{\sqrt{\left(\frac{1}{RC}\right)^{2} - \omega^{2}}}$

	$k_{u}(\omega) = \frac{\frac{1}{RC}}{\sqrt{\omega^{2} - \left(\frac{1}{RC}\right)^{2}}}$
Каким выражением описывается фазочастотная характеристика схемы с	$\varphi(\omega) = -arctg(\omega RC)$
	$\varphi(\omega) = 90^{\circ} - arctg\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$ $\varphi(\omega) = arctg\left(\omega RC\right)$
	$\varphi(\omega) = arctg(\omega RC)$
переоаточной функцией $k_u(p) = \frac{\frac{1}{RC}}{P + \frac{1}{RC}}$ ?	$\varphi(\omega) = arctg\left(\frac{1}{\omega RC}\right) - 90^{\circ}$
$P + \frac{1}{RC}$	$\varphi(\omega) = -arctg(\omega RC)$
Каким выражением описывается амплитудночастотная характеристика схемы с передаточной функцией $k_u(p) = \frac{g_1 + pC}{g_1 + g_2 + pC}?$	$k_u(\omega) = \frac{\sqrt{g_1^2 + \omega^2 C^2}}{\sqrt{g_1^2 + g_2^2 + \omega^2 C^2}}$
	$k_{u}(\omega) = \frac{\sqrt{g_{1}^{2} - \omega^{2}C^{2}}}{\sqrt{(g_{1} + g_{2})^{2} - \omega^{2}C^{2}}}$
	$k_u(\omega) = \frac{\sqrt{g_1^2 + \omega^2 C^2}}{\sqrt{(g_1 + g_2)^2 + \omega^2 C^2}}$
	$k_u(\omega) = \frac{\sqrt{g_1^2 - \omega^2 C^2}}{\sqrt{g_1^2 + g_2^2 - \omega^2 C^2}}$
Какая схема называется	не реагирующая на внешнее возмущающее воздействие
устойчивой?	приходящая в исходное состояние по окончании возмущающего воздействия
	переходящая при внешнем воздействии из одного устойчивого состояния в другое устойчивое состояние
Чему должно быть равно количество определителей Гурвица?	максимальной степени полинома числителя схемной функции т
	максимальной степени полинома знаменателя схемной
	функции п числу (n-1), где n — степень полинома знаменателя схемной
	функции
	числу $(n+1)$ , где $n-$ степень полинома знаменателя схемной функции
	сумме максимальных степеней числителя и знаменателя схемной функции (m+n)
	слемной функции (тти)

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика и содержит 50 тестовых вопросов на каждую компетенцию, из них 20% - закрытого типа, 80% - открытого типа.

Лабораторная работа 6 «Частотный анализ схем в программе Micro-Cap 12»

### Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы:

- 1. Перечислите перечень действий при частотном анализе схемы в программе Micro-Cap 12.
- 2. Что является результатами частотного анализа в программе Micro-Cap 12?
- 3. Как поменять вид получаемых графиков (линейный и логарифмический масштаб, цвет, диапазон частот)?
  - 4. Как определить граничную частоту усилителя по его АЧХ?
- 5. Как проводится многовариантый частотный анализ в программе Micro-Cap 12?

## Перечень требований к отчету

Лабораторная работа выполняется на компьютере в программной среде Micro-Cap 12 согласно методическим указаниям о выполнении лабораторной работы.

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).

Титульный лист отчёта должен содержать фразу: «Отчёт по лабораторной работе «Название работы» по дисциплине «Название дисциплины», чуть ниже: Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)». Внизу листа следует указать текущий год.

Отчёт должен содержать следующие основные разделы:

- 1. Цель работы.
- 2. Теоретическая часть.
- 3. Анализируемые схемы.
- 4. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики, скриншоты программ).
  - 5. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).

# Лабораторная работа 7 «Анализ чувствительности на постоянном токе в программе Micro-Cap 12»

# Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы:

- 1. Перечислите перечень действий при вводе электронной схемы в программе Micro-Cap 12.
- 1. Перечислите перечень действий при анализе чувствительности на постоянном токе в программе Micro-Cap 12.
- 2. Что является результатами анализа чувствительности на постоянном токе в программе Micro-Cap 12?

# Перечень требований к отчету

Лабораторная работа выполняется на компьютере в программной среде Micro-Cap 12 согласно методическим указаниям о выполнении лабораторной работы.

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).

Титульный лист отчёта должен содержать фразу: «Отчёт по лабораторной работе «Название работы» по дисциплине «Название дисциплины», чуть ниже: Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)». Внизу листа следует указать текущий год.

Отчёт должен содержать следующие основные разделы:

- 1. Цель работы.
- 2. Теоретическая часть.
- 3. Анализируемые схемы.
- 4. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики, скриншоты программ).
  - 5. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).

# Лабораторная работа 8 «Анализ переходных процессов в программе Micro-Cap 12»

### Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы:

- 1. Перечислите перечень действий при анализе переходных процессов схемы в программе Micro-Cap 12.
- 2. Что является результатами анализа переходных процессов в программе Micro-Cap 12?
- 3. Как поменять вид получаемых графиков (линейный и логарифмический масштаб, цвет, временной диапазон)?
- 4. Как проводится многовариантый анализ переходных процессов в программе Micro-Cap 12?

# Перечень требований к отчету

Лабораторная работа выполняется на компьютере в программной среде Micro-Cap 12 согласно методическим указаниям о выполнении лабораторной работы.

Отчёт по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом, выполнившим необходимые эксперименты (независимо от того, выполнялся ли эксперимент индивидуально или в составе группы студентов). Страницы отчёта следует пронумеровать (титульный лист не нумеруется, далее идет страница 2 и т.д.).

Титульный лист отчёта должен содержать фразу: «Отчёт по лабораторной работе «Название работы» по дисциплине «Название дисциплины», чуть ниже: Выполнил студент группы (номер группы) (Фамилия, инициалы)». Внизу листа следует указать текущий год.

Отчёт должен содержать следующие основные разделы:

- 1. Цель работы.
- 2. Теоретическая часть.
- 3. Анализируемые схемы.

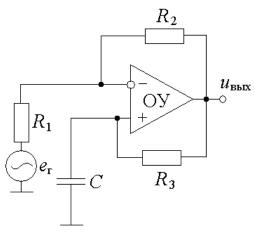
- 4. Результаты (таблицы экспериментальных данных, графики, скриншоты программ).
  - 5. Выводы (основные приобретённые знания о предмете исследования).

#### Практическое задание

Примеры практических заданий:

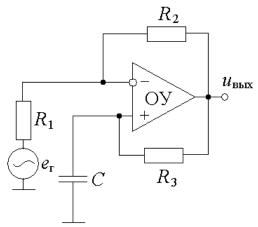
#### Задача 1

Провести частотный анализ представленного на рисунке активного фильтра и получить выражения для АЧХ и ФЧХ его коэффициента передачи по напряжению.  $R_1 = 2$  кОм,  $R_2 = 4$  кОм,  $R_3 = 10$  кОм, C = 20 нФ. Операционный усилитель считать идеальным.



#### Задача 2

Исследовать приведенную на рисунке схему на устойчивость с помощью критерия Гурвица.  $R_1=2$  кОм,  $R_2=4$  кОм,  $R_3=10$  кОм, C=20 нФ. Операционный усилитель считать идеальным.



#### Задача 3

Схемная функция имеет вид:

$$F(p) = \frac{R_1 C_1 p}{R_1 R_2 C_1 p^2 + R_1 C_2 p + C_1 R_2}.$$

Найти абсолютное изменение схемной функции F(p) при увеличении параметра  $C_2$  на 10% от номинального значения.

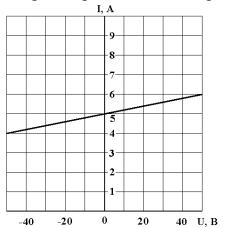
#### Для промежуточной аттестации:

#### Теоретические вопросы

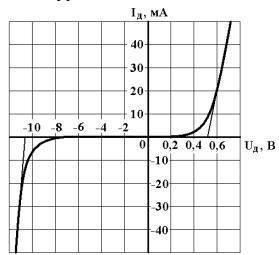
- 1. Модели пассивных компонентов и источников, их параметры.
- 2. Порядок преобразования схем перед проведением статического анализа.
- 3. Суть метода сложения характеристик при графическом статическом аанализе.
- 4. Порядок преобразования схем перед проведением малосигнального анализа в области средних частот.
- 5. Порядок действий (алгоритм) при проведении малосигнального анализа в диапазоне частот (частотном анализе).
  - 6. Критерий устойчивости Гурвица (формулировка).
  - 7. Критерий устойчивости Михайлова (формулировка).

## Практические задания

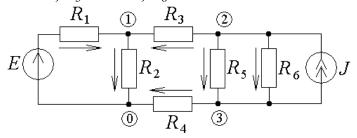
Задача 1. Найти внутреннее сопротивление источника тока, вольтамперная характеристика которого представлена на рисунке.



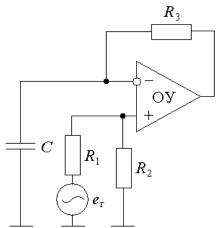
Задача 2. Определить параметры кусочно-линейной модели стабилитрона, ВАХ которого представлена на рисунке, в области прямых и обратных токов т записать характеристические уравнения.



Задача 3. Для схемы, представленной на рисунке, найти потенциалы всех узлов и токи всех ветвей. Исходные данные: J=1 A, E=1 B,  $R_1=1$  Om,  $R_2=2$  Om,  $R_3=4$  Om,  $R_4=5$  Om,  $R_5=8$  Om,  $R_6=10$  Om.



Задача 4. Провести частотный анализ представленной на рисунке схемы и получить выражения для АЧХ и ФЧХ его коэффициента передачи по напряжению.  $R_1 = 1$  кОм,  $R_2 = 2$  кОм,  $R_3 = 5$  кОм, C = 5 нФ. Операционный усилитель считать идеальным.



Задача 5. Исследовать приведенную схему на устойчивость с помощью критерия Михайлова.  $R_1=2$  кОм,  $R_2=1$  кОм,  $R_3=10$  кОм, C=1 мкФ. Операционный усилитель считать идеальным.

