

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 23

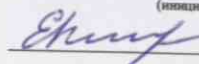
УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель образовательной программы

Старший преподаватель

(должность, уч. степень, звание)

Е.П. Виноградова

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«17» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Схемотехника аналоговых электронных устройств»  
(Наименование дисциплины)

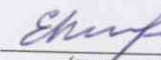
Код направления подготовки/ специальности	11.03.04
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроника и наноэлектроника
Наименование направленности	Промышленная электроника
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

ст. преподаватель

(должность, уч. степень, звание)

 17.02.25

(подпись, дата)

Е.П. Виноградова

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 23

«17» февраля 2025 г, протокол № 6/25

Заведующий кафедрой № 23

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)

17.02.25

(подпись, дата)

А.Р. Бестугин

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

17.02.25

(подпись, дата)

Н.В. Марковская

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» направленности «Промышленная электроника». Дисциплина реализуется кафедрой «№23».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-2 «Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных»

ПК-2 «Способен осуществлять проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования»

Содержание дисциплины охватывает широкий круг вопросов: от фундаментальных основ и физических принципов функционирования электронных приборов различного назначения и их характеристик до рассмотрения схемотехнических решений, применяемых при проектировании аналоговых электронных устройств, методах анализа устройств, которые обеспечивают усиление и обработку аналоговых сигналов, в том числе и с использованием интегральных микросхем, выпускаемых промышленностью особенностями их практического применения.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовое проектирование.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

## 1.1. Цели преподавания дисциплины

Предназначение дисциплины заключается в приобретении студентами необходимого минимума знаний по фундаментальным основам построения электронных приборов различных типов, получение представлений о методах изготовления и возможностях применения электронных устройств на полупроводниковых приборах; рассмотрении задач, решаемых с помощью электронных устройств, методах их анализа и проектирования, а также формирование у студентов знаний, навыков и умений, позволяющих осуществлять схемотехническое проектирование электронных устройств, которые обеспечивают усиление и обработку аналоговых сигналов, в том числе и с использованием интегральных микросхем, выпускаемых промышленностью.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.3.1 знать основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации. ОПК-2.У.1 уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования. ОПК-2.У.3 уметь рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки. ОПК-2.У.4 уметь формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение ОПК-2.У.5 уметь определять ожидаемые результаты решения выделенных задач. ОПК-2.В.1 владеть способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен осуществлять проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с	ПК-2.3.1 знать маршрут проектирования аналоговых и цифровых блоков электронных приборов. ПК-2.У.1 уметь разрабатывать принципиальные и монтажные электрические схемы электронных устройств. ПК-2.В.1 владеть навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем электронных

	техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	устройств
--	--	-----------

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Электротехника»,
- «Физические основы электроники».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Электронные промышленные устройства»,
- «Аппаратные интерфейсы»,
- «Датчики и преобразователи информации в измерительных системах»,
- «Энергетическая электроника»,
- «Основы микропроцессорной техники»,
- «Основы разработки конструкторско-технической документации».

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам	
		№4	№5
1	2	3	4
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	8/ 288	6/ 216	2/ 72
<b>Из них часов практической подготовки</b>	17		17
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	119	51	68
в том числе:			
лекции (Л), (час)	51	17	34
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17		17
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34	
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	17		17
экзамен, (час)	54	54	
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	115	111	4
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз., Дифф. Зач.	Экз.	Дифф. Зач.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

## 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
--------------------------	--------------	---------	----------	----------	-----------

Семестр 4					
Раздел 1. Электронные приборы: классификация, решаемые задачи. Тема 1.1. Задачи, решаемые электронными устройствами. Тема 1.2. Классификация электронных устройств.	5		-		30
Раздел 2. Полупроводниковые электронные приборы. Тема 2.1. Диоды. Тема 2.2. Биполярные транзисторы Тема 2.3. Полевые транзисторы Тема 2.4. Элементы силовой электроники.	6		17		34
Раздел 3. Функциональные узлы электронных устройств. Тема 3.1. Обзор структур и технологий интегральных микросхем. Тема 3.2. Технологии производства микросхем запоминающих устройств. Тема 3.3. Микросхемы типовых функциональных узлов электронной техники.	6		17		44
Выполнение курсовой работы				17	
Итого в семестре:	17		34	17	111
Семестр 5					
Раздел 1. Основные свойства аналоговых усилительных устройств.		5			-
Раздел 2. Схемотехника усилительных устройств на биполярных и полевых транзисторах.		3			1
Раздел 3. Усилители постоянного тока (УПТ). Операционные усилители (ОУ).		9			1
Раздел 4. Преобразователи аналоговых сигналов на операционных усилителях.					1
Раздел 5. Устройства сравнения аналоговых сигналов на ОУ.					1
Раздел 6. Источники вторичного электропитания.					-
Итого в семестре:	34	17			4
Итого:	51	17	34	17	115

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
4-й семестр	
<b>1</b>	Раздел 1. Электронные приборы: задачи, классификация, применение. Тема 1.1. Задачи, решаемые электронными устройствами. Обработка и передача информации посредством электрических сигналов. Основные операции, выполняемые электронными устройствами над сигналами. Задачи, решаемые электронными устройствами. Задачи анализа

	<p>электронных устройств. Функциональность. Модель вход-выход. Характеристики. Параметры. Аналоговые, импульсные и цифровые устройства. Аналого-цифровые устройства. Основные варианты преобразования электрической энергии электронными устройствами. Датчики физических величин. Устройства обработки сигналов. Силовая электроника. Преобразователи питания. Управление мощными нагрузками. Средства компьютерного моделирования электронных устройств. Microcap. Multisim. Proteus.</p> <p>Тема 1.2. Классификация электронных устройств.</p> <p>Пассивные и активные компоненты электронных устройств. Электропроводность полупроводников. Полупроводниковые материалы: германий, кремний, арсенид галлия, карбид кремния. Легирование полупроводников. Основные и неосновные носители заряда. Электронно-дырочные и металлополупроводниковые переходы. Гетероструктуры. Полупроводниковые диоды. Биполярные транзисторы (БПТ). Полевые транзисторы (ПТ). Биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT). Тиристоры. Симисторы. Пьезоэлектроника и акустоэлектроника. Магнитоэлектроника. Квантовая электроника. Оптоэлектроника. Светоизлучающие диоды. Фотоэлементы. Оптоэлектронные пары. Хемотроника, молекулярная электроника. Жидкокристаллические индикаторы. Кριοэлектроника. Перспективные полупроводниковые материалы. Экситоника. Проблемы использования электронных приборов в экстремальных условиях.</p>
2	<p>Раздел 2. Полупроводниковые электронные приборы.</p> <p>Тема 2.1. Диоды.</p> <p>Прямое и обратное напряжение. Вольт-амперная характеристика диода. Пороговое напряжение. Зависимость характеристик диода от температуры. Эквивалентная схема. Барьерная и диффузная емкость. Специальные виды диодов. Варикапы. Светоизлучающие диоды. Фотодиоды. Диоды Шоттки. Стабилитроны. Явление лавинного пробоя. Туннельные и обращенные диоды. Диоды Ганна. Pin-диоды.</p> <p>Тема 2.2. Биполярные транзисторы.</p> <p>Структуры биполярных транзисторов n-p-n и p-n-p. Входные, выходные и проходные характеристики транзисторов. Малосигнальные параметры. Н-параметры, Y-параметры. Коэффициент передачи тока базы. Эквивалентная схема замещения БПТ. Входная, выходная и проходная емкость БПТ. Зависимость параметров и характеристик БПТ от температуры. Предельно допустимые режимы эксплуатации БПТ.</p> <p>Тема 2.3. Полевые транзисторы.</p> <p>Структуры полевых транзисторов (ПТ): ПТ с управляющим p-n-переходом, ПТ с изолированным затвором (MOSFET). Разновидности ПТ с собственным и с индуцированным каналом. Двухзатворные ПТ. Выходные и проходные характеристики транзисторов. Входная, выходная и проходная емкость ПТ. Малосигнальные параметры. Н-параметры. Крутизна проходной характеристики. Эквивалентная схема замещения ПТ. Зависимость параметров и характеристик ПТ от температуры. Предельно допустимые режимы эксплуатации. Защитные диоды в структурах ПТ.</p> <p>Тема 2.4. Элементы силовой электроники.</p> <p>Биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT): объединение БПТ и ПТ. Тиристоры. Диодные и триодные тиристоры. Запираемые и не запираемые тиристоры. Напряжение включения. Ток удержания. Симисторы. Примеры полупроводниковых приборов, выпускаемых ведущими фирмами.</p>

3	<p>Раздел 3. Функциональные узлы электронных устройств.</p> <p>Тема 3.1. Обзор структур и технологий интегральных микросхем.</p> <p>Аналоговые интегральные микросхемы. Операционные усилители. Универсальные ОУ. Основные свойства, параметры. Специализированные ОУ. Rail-to-rail ОУ. Микромощные и программируемые ОУ. Высоковольтные ОУ. Инструментальные ОУ. ОУ с преобразованием. Цифровые интегральные микросхемы. Семейства и технологии цифровых интегральных микросхем. Однокристальные микропроцессоры. Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Программируемые аналоговые микросхемы (ПАИС). Системы-на-кристалле. Интегральная оптоэлектроника.</p> <p>Тема 3.2. Технологии производства микросхем запоминающих устройств.</p> <p>Задачи хранения и модификации цифровой информации. Постоянные и оперативные запоминающие устройства. Технология Flash. Плавающий затвор. Туннелированный оксид. Инжекция горячих носителей заряда. Микросхемы энергонезависимых ОЗУ: nvSRAM (non-volatile RAM), ферроэлектрическая память (FRAM), память на основе фазового перехода (PRAM), магниторезистивная память (MRAM).</p> <p>Тема 3.3. Микросхемы типовых функциональных узлов электронной техники.</p> <p>Источники питания и стабилизаторы напряжения. Требования к качеству питания. Линейка преобразователей постоянного напряжения 78xx и 79xx. Модули питания с гальванической развязкой.</p> <p>Усилители. Основные параметры. Предварительные усилители. Шумовые свойства. Усилители мощности. Нелинейные искажения. Усилительные модули радиочастотного диапазона.</p> <p>Генераторы сигналов. Генераторы гармонических и прямоугольных сигналов. Микросхемы таймеров. ШИМ-модуляторы.</p> <p>Аналоговые переключатели и мультиплексоры. Перемножители сигналов. Модуляторы и демодуляторы. Устройства выборки-хранения аналоговых сигналов. Компараторы.</p> <p>Аналого-цифровые преобразователи. Цифро-аналоговые преобразователи. Оптронная развязка сигнальных цепей.</p> <p>Микросхемы типовых функциональных узлов электронной техники производства ведущих фирм: Analog Devices, Apex Microtechnology, Linear Technologies, Microchip, Maxim, Texas Instruments и др.</p>
<b>5-й семестр</b>	
1	<p>1. Основные свойства аналоговых усилительных устройств.</p> <p>1.1. Общие сведения об усилителях. Классификация и основные характеристики усилителей. Типовые функциональные каскады полупроводникового усилителя.</p> <p>1.2. Основные показатели качества электронных усилителей: коэффициенты усиления по напряжению, току и мощности (K, KI, KP), амплитудно- и фазочастотные характеристики (АЧХ и ФЧХ), линейные и нелинейные искажения, динамический диапазон, внутренние помехи, входной и выходной импеданс.</p> <p>1.3. Обратные связи в усилителях, виды ОС, количественная оценка. Влияние обратной связи на основные характеристики усилительного устройства.</p> <p>1.4. Понятие об устойчивости усилителя.</p>
2	<p>2. Схемотехника усилительных устройств на биполярных и полевых транзисторах.</p>

	<p>2.1. Усилительные каскады по схеме с общим эмиттером и общим истоком. Принцип работы. Построение нагрузочной прямой для резисторного и трансформаторного каскадов. Стабилизация положения рабочей точки.</p> <p>2.2. Режимы работы усилительных элементов (А, В, АВ, D, С).</p> <p>2.3. Эквивалентные схемы резисторных каскадов с общим эмиттером и общей базой с использованием h-параметров. Получение основных показателей: К, КI, R<sub>вх</sub>, R<sub>вых</sub>, КЕ.</p> <p>2.4. Эмиттерный и истоковый повторители. Эквивалентная схема эмиттерного повторителя. Получение основных показателей: К, КI, R<sub>вх</sub>, R<sub>вых</sub>, КЕ.</p> <p>2.5. Широкополосный резисторный каскад с ОЭ, НЧ и ВЧ коррекция.</p> <p>2.6. Многокаскадные усилители. Каскодная схема.</p>
<b>3</b>	<p>3. Усилители постоянного тока (УПТ). Операционные усилители (ОУ).</p> <p>3.1. Общая характеристика и требования к параметрам УПТ.</p> <p>3.2. Схемотехника каскадов УПТ.</p> <p>3.2.1. Балансные (дифференциальные) усилители. Эквивалентные схемы для дифференциального и синфазного сигналов. Коэффициент ослабления синфазного сигнала.</p> <p>3.2.2. Генераторы стабильного тока (токовое зеркало).</p> <p>3.2.3. Каскады сдвига уровня.</p> <p>3.3. Структурная схема операционного усилителя.</p> <p>3.4. Основные параметры операционного усилителя.</p> <p>3.5. Частотные свойства операционного усилителя.</p>
<b>4</b>	<p>4. Преобразователи аналоговых сигналов на операционных усилителях.</p> <p>4.1. Коэффициент передачи операционного усилителя (ОУ), охваченного отрицательной обратной связью, для общего случая.</p> <p>4.2. Инвертирующий и неинвертирующий ОУ. Повторитель напряжения.</p> <p>4.3. Инвертирующий и неинвертирующий сумматоры на ОУ.</p> <p>4.4. Интегрирующий ОУ.</p> <p>4.5. Дифференцирующий ОУ.</p> <p>4.6. Вычитатель на ОУ.</p> <p>4.7. Вычитатель - сумматор на ОУ.</p> <p>4.8. Усилитель с регулируемым фазовым сдвигом на ОУ.</p> <p>4.9. Нелинейные функциональные усилители на ОУ.</p> <p>4.9.1. Логарифмический усилитель на ОУ.</p> <p>4.9.2. Антилогарифмический (экспоненциальный) усилитель на ОУ.</p> <p>4.9.3. Устройство перемножения и деления напряжений на ОУ.</p> <p>4.9.4. Схемы сравнения напряжений на ОУ.</p> <p>4.10. Активные фильтры на ОУ.</p> <p>4.10.1. Фильтры низких частот на ОУ.</p> <p>4.10.2. Фильтры высоких частот на ОУ.</p> <p>4.10.3. Избирательные ОУ.</p>
<b>5</b>	<p>5. Устройства сравнения аналоговых сигналов на ОУ.</p> <p>5.1. Работа ОУ при больших амплитудах входного сигнала.</p> <p>5.2. Однопороговое устройство сравнения на ОУ.</p> <p>5.3. Регенеративная схема сравнения на ОУ.</p> <p>5.4. Интегральные компараторы.</p>
<b>6</b>	<p>6. Источники вторичного электропитания.</p> <p>6.1. Классификация, состав и основные параметры.</p> <p>6.2. Преобразователи переменного напряжения в пульсирующее напряжение (выпрямители).</p> <p>6.3. Устройства стабилизации напряжения питания. Параметрический</p>

	стабилизатор. Компенсационный стабилизатор. 6.4. Преобразователи напряжения питания. Трансформаторные и бестрансформаторные схемы.
--	---

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 5					
1	Исследование полупроводниковых диодов	компьютерное моделирование	2	2	1
2	Исследование полупроводникового стабилизатора	компьютерное моделирование	3	3	1
3	Исследование полупроводникового биполярного транзистора.	компьютерное моделирование	3	3	2
4	Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-переходом	компьютерное моделирование	3	3	3
5	Исследование полевого транзистора с изолированным затвором	компьютерное моделирование	3	3	3
6	Исследование тиристоров	компьютерное моделирование	3	3	3
Всего			17	17	

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 4				
1	Лабораторная работа №1 (макет №18). Исследование электронных устройств, построенных на основе прецизионного операционного усилителя К140УД1408.	4	2	4
2	Лабораторная работа №2 (макет №11).	4	2	4

	Исследование избирательного усилителя низкой частоты.			
3	Лабораторная работа №3 (макет №10). Исследование усилителя, построенного на основе микросхемы К118УН1.	4	2	1
4	Лабораторная работа №4 (макет №21). Исследование бестрансформаторного усилителя мощности на микросхеме К174УН4Б.	6	3	3
5	Лабораторная работа №5 (макет №5). Исследование транзисторных усилителей мощности с трансформаторным выходом: Часть 1. Исследование однотактного усилителя мощности в режиме класса А	4	2	2
6	Лабораторная работа №5 (макет №5). Исследование транзисторных усилителей мощности с трансформаторным выходом: Часть 2. Исследование двухтактного усилителя мощности в режиме классов А, АВ и В. Защита лабораторной работы.	4	2	2
7	Лабораторная работа №6 (макет №7). Исследование компенсационного стабилизатора напряжения.	4	2	6
8	Лабораторная работа №7 (макет №20). Исследование релаксационных генераторов на основе операционного усилителя.	4	2	5
Всего		34	17	

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Цели курсовой работы:

- закрепление на практике изученных теоретических положений, развитие навыков анализа работы заданной схемы и расчёта её характеристик и параметров элементов;
  - обучение навыкам пользования специальной технической литературой, справочниками, стандартами, подготовка студента к выполнению дипломного проекта и дальнейшей работе по специальности;
  - обучение навыкам работы в специализированных программах расчета параметров электрических схем усилителей (активных фильтров);
  - обучение составлению технической документации на проектируемое изделие.
- Примерные темы заданий на курсовую работу приведены в разделе 10 РПД.

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 4, час	Семестр 5, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)		30	2
Курсовое проектирование (КП, КР)		30	
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)		10	
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		10	
Домашнее задание (ДЗ)			
Контрольные работы заочников (КРЗ)			
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)		31	2
Всего:	115	111	4

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка
621.382 З-59	Электронные приборы и устройства: учебное пособие / С.И. Зиятдинов. СПб: Изд-во ГУАП, 2006. - 50 с.
621.315.5/.61 ПЗ0	Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника: Учебное пособие / К.С. Петров. М. и др. Питер, 2003. - 511 с.
621.38 О-60	Аналоговая и цифровая электроника (полный курс): учебник для студентов вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; Ред. О.П. Глудкин. - М.: Горячая линия - Телеком, 2005. - 768 с.
004.4 А 61	Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8 / М.А. Амелина, С.А. Амелин. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 464 с.
[681.518(075)/Т58]	Топильский В.Б. Схемотехника измерительных устройств. – М.: БИНОМ, 2006. – 232с.
	<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=455216">http://znanium.com/bookread2.php?book=455216</a> Игнатов, А. Н. Классическая электроника и нанoeлектроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Игнатов, Н. Е. Фадеева, В. Л. Савиных, В. Я. Вайспапир, С. В. Воробьева. — 2-е изд., стер. М.: ФЛИНТА, 2012. — 728 с. - ISBN 978-5-9765-0263-5
[621.396.6(075) /Л 13]	Лаврентьев, Б. Ф. Схемотехника электронных средств: учебное пособие/ Б. Ф. Лаврентьев. - Б.м.: Академия, 2010. - 333 с.
[621.3.049.77(075)/Е 91]	Ефимов И. Е. Основы микроэлектроники: учебник/ И. Е.

	Ефимов, И. Я. Козырь. - 3-е изд., стереот. - СПб: Лань, 2008. - 384 с.
[621.38:681.3.06/К 21]	Кардашев, Г. А. Виртуальная электроника. Компьютерное моделирование аналоговых устройств/ Г. А. Кардашев. - 2-е изд., стер. - М.: Горячая линия - Телеком, 2009. - 260 с.
	<a href="#">Гусев, В. Г.</a> Электроника и микропроцессорная техника: учебник/ В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. - 4-е изд., доп.. - М.: Высш. шк., 2006. - 798 с.
	<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=456253">http://znanium.com/bookread2.php?book=456253</a> Гусев, В. Г. Методы построения точных электронных устройств [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Гусев, Т.В. Мирина; науч. ред В.С. Фетисов – 3-е изд., стер. – М.: ФЛИНТА, 2012. – 266 с. - ISBN 978-5-9765-1519-2
[004.42/К23]	Карлашук, В. И. Электронная лаборатория на IBM PC: монография. Т. 1: Моделирование элементов аналоговых систем/ В. И. Карлашук. – 6-е изд., доп. и перераб. - М.: Солон-Пресс, 2006. - 671 с.
[621.375.011(075)/П 63]	Построение схем и практические методы расчета усилительных устройств: учебное пособие/ В. И. Исаков [и др.]; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб.: ГОУ ВПО "СПбГУАП", 2011. - 88 с.
	<a href="http://znanium.com/bookread.php?book=358681">http://znanium.com/bookread.php?book=358681</a> Головицына М. В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий: учебное пособие — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. — 504 с.
	<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=487480">http://znanium.com/bookread2.php?book=487480</a> Общая электротехника и электроника: учебник / Ю.А. Комиссаров, Г.И. Бабокин. - 2-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 480 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-010416-4
	<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=316836">http://znanium.com/bookread2.php?book=316836</a> <a href="#">Умрихин В. В.</a> Физические основы электроники: Учебное пособие / В.В. Умрихин; Уником Сервис. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 304 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Технологический сервис). (переплет) ISBN 978-5-98281-306-0, 1000 экз.
	<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=520288">http://znanium.com/bookread2.php?book=520288</a> <a href="#">Лазарева Н. М.</a> Шеин, А.Б. Методы проектирования электронных устройств [Электронный ресурс] / А.Б. Шеин, Н.М. Лазарева. - М.: Инфра-Инженерия, 2011.- 456 с. - ISBN 978-5-9729-0041-1

#### 7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
-----------	--------------

	Не предусмотрено
--	------------------

## 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Компьютерный класс	
3	Специализированная лаборатория электроники	

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену
Дифференцированный зачёт	Список вопросов к зачету
Выполнение курсовой работы	Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсовой работы по дисциплине.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила

использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Электрофизические свойства полупроводников, донорные и акцепторные примеси.	ОПК-2.3.1 ПК-2.В.1
2	Электронная и дырочная проводимость.	ОПК-2.У.1
3	Электронно-дырочный переход, его прямое и обратное включение. ВАХ р-п-перехода.	ОПК-2.У.3 ПК-2.У.1
4	Биполярные транзисторы (изображения элементов р-п-р и п-р-п, уравнения для токов и напряжений).	ОПК-2.У.4 ПК-2.В.1
5	Схемы включения БТ по ОЭ, ОБ, ОК	ОПК-2.В.1
6	Статические входные и выходные характеристики транзисторов с ОБ и ОЭ.	ОПК-2.В.1 ПК-2.У.1
7	Коэффициенты усиления по току в схемах с ОБ и ОЭ ( $\alpha$ ,	ОПК-2.У.3

	$\alpha$ дин, $\beta$ , $\beta$ дин).	ПК-2.У.1
8	Физическая схема замещения БТ при включении с ОБ.	ОПК-2.У.3
9	Физическая схема замещения БТ при включении с ОЭ.	ОПК-2.У.3
10	Формализованные модели БТ; система h-параметров.	ОПК-2.У.4
11	Полевые транзисторы с р-п-переходом, стоко-затворные и стоко-истоковые характеристики.	ОПК-2.У.5 ПК-2.В.1
12	Полевые транзисторы МДП-типа, стоко-затворные и стоко-истоковые характеристики.	ОПК-2.У.5 ПК-2.3.1
13	Диодные и триодные тиристоры	ОПК-2.В.1
14	Симисторы	ОПК-2.В.1
15	Биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT).	ОПК-2.У.5 ПК-2.У.1
16	Оптоэлектроника. Светоизлучающие диоды.	ОПК-2.3.1 ПК-2.В.1
17	Оптоэлектроника. Фотоэлементы.	ОПК-2.3.1 ПК-2.В.1
18	Полупроводниковые диоды. Прямое и обратное напряжение. Вольт-амперная характеристика диода. Пороговое напряжение.	ОПК-2.У.1 ПК-2.3.1
19	Специальные виды диодов. Варикапы.	ОПК-2.У.1
20	Специальные виды диодов. Стабилитроны	ОПК-2.У.1
21	Специальные виды диодов. Туннельные и обращенные диоды.	ОПК-2.У.1 ПК-2.3.1
22	Двухзатворные полевые транзисторы.	ОПК-2.У.3
23	ОУ с преобразованием.	ОПК-2.У.3
24	Аналоговые переключатели и мультиплексоры.	ОПК-2.У.3

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1	Общие сведения об усилителях. Классификация электронных усилителей.	ОПК-2.3.1
2	Основные показатели качества электронных усилителей (К, КI, КР, АЧХ, ФЧХ, линейные и нелинейные искажения, динамический диапазон, внутренние помехи).	ОПК-2.3.1 ОПК-2.У.1 ОПК-2.У.4 ОПК-2.У.5 ОПК-2.В.1
3	Способы включения транзисторов в усилительных каскадах (ОБ, ОЭ, ОК).	ОПК-2.3.1 ОПК-2.У.5
4	Работа активного элемента в усилительном каскаде (3 разновидности схем с ОЭ, термостабилизация положения рабочей точки).	ОПК-2.3.1 ОПК-2.У.3 ОПК-2.У.5
5	Построение нагрузочной прямой для резистивного и трансформаторного каскадов.	ОПК-2.3.1 ОПК-2.В.1
6	Режимы работы усилительных элементов (А, В, АВ, D, С).	ОПК-2.У.3 ОПК-2.У.4 ОПК-2.У.5
7	Резисторный каскад с ОЭ (эквивалентная схема с использованием h-параметров, К, КI, Rвх, Rвых, КЕ).	ОПК-2.3.1 ПК-2.3.1
8	Широкополосный резисторный каскад с ОЭ, НЧ и ВЧ коррекция.	ОПК-2.3.1 ОПК-2.У.3

		ОПК-2.У.5
9	Резисторный каскад с ОК (ЭП).	ОПК-2.3.1
10	Резисторный каскад с ОБ.	ОПК-2.3.1
11	Обратные связи в усилителях (виды ОС, количественная оценка).	ОПК-2.3.1 ОПК-2.У.3
12	Общая характеристика и требования к параметрам УПТ.	ОПК-2.3.1
13	Схемотехника каскадов УПТ, дифференциальные усилители.	ОПК-2.3.1 ПК-2.3.1
14	Схемотехника каскадов УПТ, генераторы стабильного тока, “токовое зеркало”.	ОПК-2.3.1 ОПК-2.У.3 ПК-2.У.1
15	Каскады сдвига уровня (резистивный, со стабилитроном, с диодами, с ГСТ).	ОПК-2.3.1 ОПК-2.У.3
16	Операционные усилители (ОУ), общие сведения, область применения, коэффициент усиления с учетом ООС (в общем виде).	ОПК-2.3.1 ОПК-2.У.5 ПК-2.У.1
17	Параметры ОУ: идеальные, реальные, структура ОУ.	ОПК-2.3.1 ОПК-2.В.1
18	Частотные характеристики ОУ (без ООС и с ООС).	ОПК-2.3.1 ОПК-2.В.1
19	Применение ОУ: вывод выражения для $K(f)$ в общем виде; К-инвертирующего, К-неинвертирующего.	ОПК-2.3.1 ПК-2.3.1
20	Применение ОУ: сумматор (с инверсией полярности суммируемых сигналов), схема сравнения.	ОПК-2.3.1 ОПК-2.У.3
21	Применение ОУ: интегратор, дифференциатор.	ОПК-2.3.1
22	Применение ОУ: сумматор (без инверсии полярности суммируемых сигналов).	ОПК-2.3.1 ПК-2.У.1
23	Применение ОУ: Логарифмический усилитель.	ОПК-2.3.1
24	Применение ОУ: Антилогарифмический усилитель.	ОПК-2.3.1
25	Применение ОУ: перемножение аналоговых сигналов.	ОПК-2.3.1
26	Применение ОУ: активные фильтры	ОПК-2.3.1
27	Инструментальные ОУ: внутреннее устройство и особенности применения	ОПК-2.3.1 ПК-2.В.1
28	Схемы линейных стабилизаторов напряжения.	ОПК-2.3.1 ПК-2.В.1
29	Схемы стабилизаторов напряжения с преобразованием	ОПК-2.3.1 ПК-2.В.1

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
1	Разработка активного фильтра на ОУ (по вариантам)
2	Разработка пассивного LC-фильтра (по вариантам)
3	Разработка управляемого генератора гармонических сигналов (по вариантам)
4	Разработка преобразователя напряжения питания (по вариантам)

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Компетенция								
1	<b>Инструкция: прочитайте задание и выберите один правильный ответ.</b> Какой прибор позволяет получить точные данные о частоте сигнала в аналоговых схемах? а) Осциллограф б) Частотомер в) Мультиметр г) Вольтметр	ОПК-2.								
2	<b>Инструкция: прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов.</b> Как следует учитывать влияние температуры на измерения при проведении эксперимента? а) Игнорировать б) Корректировать результаты в) Учитывать в расчётах г) Изменить метод измерения	ОПК-2.								
3	<b>Инструкция: прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности.</b> Расположите этапы калибровки измерительных приборов в правильной последовательности: а) Определение погрешностей измерений в процессе работы прибора. б) Сравнение показаний прибора с эталонным измерением. в) Настройка прибора на требуемые параметры. г) Запись полученных результатов и составление калибровочного сертификата. (бваг)	ОПК-2.								
4	<b>Инструкция: прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце.</b> Сопоставьте описание метода с его названием: <table><tr><th>Описание метода</th><th>Название метода</th></tr><tr><td>1. Метод, используемый для оценки отклонений значений наблюдений от их среднего значения, чтобы понять степень разброса данных.</td><td>а) Метод среднеквадратичного отклонения</td></tr><tr><td>2. Метод, который включает в себя сбор, анализ и интерпретацию данных с целью выявления закономерностей.</td><td>б) Метод статистического анализа</td></tr><tr><td>3. Метод, направленный на определение зависимости между переменными с целью прогнозирования значений одной переменной на основе другой.</td><td>в) Метод регрессии</td></tr></table>	Описание метода	Название метода	1. Метод, используемый для оценки отклонений значений наблюдений от их среднего значения, чтобы понять степень разброса данных.	а) Метод среднеквадратичного отклонения	2. Метод, который включает в себя сбор, анализ и интерпретацию данных с целью выявления закономерностей.	б) Метод статистического анализа	3. Метод, направленный на определение зависимости между переменными с целью прогнозирования значений одной переменной на основе другой.	в) Метод регрессии	ОПК-2
Описание метода	Название метода									
1. Метод, используемый для оценки отклонений значений наблюдений от их среднего значения, чтобы понять степень разброса данных.	а) Метод среднеквадратичного отклонения									
2. Метод, который включает в себя сбор, анализ и интерпретацию данных с целью выявления закономерностей.	б) Метод статистического анализа									
3. Метод, направленный на определение зависимости между переменными с целью прогнозирования значений одной переменной на основе другой.	в) Метод регрессии									
5	<b>Инструкция: прочитайте задание и дайте свой развернутый</b>	ОПК-2								

	<b>вариант ответа.</b> Как следует представлять результаты эксперимента для наилучшего восприятия?									
6	<b>Инструкция: прочитайте задание и выберите один правильный ответ</b> Какие навыки необходимы для создания качественной принципиальной схемы? а) Знание САД-систем и принципов разработки электрических схем б) Умение работать с микропроцессорами в) Опыт в написании кода г) Знание языков программирования	ПК-2.								
7	<b>Инструкция: прочитайте задание и выберите один или несколько правильных ответов.</b> Какую информацию содержит принципиальная схема электронного устройства? а) Электрические соединения и функциональные блоки б) Физическое размещение элементов в) Характеристики компонентов г) Процедуры тестирования	ПК-2.								
8	<b>Инструкция: прочитайте задание и расположите варианты ответа в правильной последовательности.</b> Расположите этапы проверки работоспособности электронного устройства в правильной последовательности: а) Подключение устройства к источнику питания и проверка его включения. б) Проверка функционирования ключевых компонентов и систем устройства. в) Оценка стабильности работы устройства при нормальных условиях эксплуатации. г) Проведение функциональных тестов и проверка работы устройства при различных режимах. (абгв)	ПК-2.								
9	<b>Инструкция: прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции в левом столбце подберите соответствующую позицию в правом столбце.</b> Сопоставьте описание схемы с ее названием: <table><tr><td>Описание схемы</td><td>Название схемы</td></tr><tr><td>1. Схема, показывающая расположение компонентов устройства и их соединения с учётом электрических характеристик и принципа работы.</td><td>а) Схема электрических соединений</td></tr><tr><td>2. Схема, отображающая физическое расположение компонентов и проводов на плате или в устройстве.</td><td>б) Принципиальная схема</td></tr><tr><td>3. Схема, которая иллюстрирует соединение всех элементов системы, включая</td><td>в) Монтажная схема</td></tr></table>	Описание схемы	Название схемы	1. Схема, показывающая расположение компонентов устройства и их соединения с учётом электрических характеристик и принципа работы.	а) Схема электрических соединений	2. Схема, отображающая физическое расположение компонентов и проводов на плате или в устройстве.	б) Принципиальная схема	3. Схема, которая иллюстрирует соединение всех элементов системы, включая	в) Монтажная схема	ПК-2.
Описание схемы	Название схемы									
1. Схема, показывающая расположение компонентов устройства и их соединения с учётом электрических характеристик и принципа работы.	а) Схема электрических соединений									
2. Схема, отображающая физическое расположение компонентов и проводов на плате или в устройстве.	б) Принципиальная схема									
3. Схема, которая иллюстрирует соединение всех элементов системы, включая	в) Монтажная схема									

	питание и взаимодействие между компонентами, без указания точных электрических характеристик.		
10	<b>Инструкция: прочитайте задание и дайте свой развернутый вариант ответа.</b> Какие средства автоматизации проектирования позволяют быстро создавать схемы?		ПК-2.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

#### 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

##### Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

### Структура предоставления лекционного материала:

- Анализ проблемной ситуации. Постановка задач.
- Анализ методологических приемов решения поставленных задач.
- Рассмотрение решений поставленных задач на конкретных примерах.
- Анализ типовых ошибок, возникающих при решении аналогичных задач с другими исходными данными.
- Выводы и рекомендации по использованию рассмотренных методов.
- Ответы на вопросы слушателей.

Методические указания по освоению лекционного материала с сети Интернет:

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>:

(О проекте: Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования.)

- 1) Схемотехника аналоговых интегральных схем: Учебное пособие  
<http://window.edu.ru/resource/453/76453>
- 2) Схемотехника аналоговых электронных устройств: Письменные лекции  
<http://window.edu.ru/resource/204/25204>
- 3) Операционные усилители  
<http://window.edu.ru/resource/595/9595>
- 4) Расчет фильтров: Учебное пособие  
<http://window.edu.ru/resource/542/68542>

2. Другие интернет-ресурсы:

Лекции по схемотехнике (djvu; 6,86 mb):

[http://kai5.ru/download/shema/lecture/files/shema\\_lecture.djvu](http://kai5.ru/download/shema/lecture/files/shema_lecture.djvu)

Видео лекции по электронике: <http://easyelectronics.ru/video-lekcii-po-elektronike.html>

#### 11.1. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Не предусмотрено учебным планом.

#### 11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

#### Требования к проведению практических занятий

Учебно-методические материалы для проведения практических занятий утверждаются на заседании кафедры и выкладываются преподавателем в начале семестра в систему LMS и в личный кабинет студента.

Для проведения практических занятий можно также рекомендовать следующие учебно-методические издания:

- 1) [621.38 К 21] Виртуальная электроника. Компьютерное моделирование аналоговых устройств. / Г.А. Кардашев. - 2-е изд., стер. - М.: Горячая линия - Телеком, 2009. - 260 с.
- 2) [004.9 А 92] Методы практического проектирования средств контроля качества и диагностики: методические указания к практическим занятиям и лабораторным работам / В.А. Атанов. СПб: Изд-во ГУАП, 2010. - 35 с.

#### 11.3. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

#### Задание и требования к проведению лабораторных работ

Учебно-методические материалы для проведения лабораторных работ утверждаются на заседании кафедры и выкладываются преподавателем в начале семестра в систему LMS и в личный кабинет студента.

Программа исследований в рамках каждой из лабораторных работ, описанных в методических указаниях по линейным электронным устройствам, организована по общей схеме:

- исследовать амплитудную характеристику:  $U_{\text{ВЫХ}}=y1(U_{\text{ВХ}})$ ;
- исследовать АЧХ:  $U_{\text{ВЫХ}}=y2(f)$ ;
- исследовать нагрузочную характеристику:  $U_{\text{ВЫХ}}=y3(R_{\text{Н}})$ ;
- изменить что-либо (в соответствии с программой исследований для конкретной работы) в исследуемой схеме и повторить измерения характеристик  $U_{\text{ВЫХ}}=y1(U_{\text{ВХ}})$ ,  $U_{\text{ВЫХ}}=y2(f)$  и  $U_{\text{ВЫХ}}=y3(R_{\text{Н}})$  с целью оценки влияния этого изменения на характеристики устройства.

В некоторых работах некоторые пункты исследований могут отсутствовать, если характеристика для исследуемого устройства не имеет принципиального значения, а порядок проведения измерений может быть другим.

При проведении исследований линейных электронных устройств используются генераторы гармонических сигналов, осциллографы, стрелочные и цифровые вольтметры и амперметры, а для точного задания частоты входных сигналов (в тех работах, где эта точность важна) применяются электронносчётные частотомеры.

Прежде чем приступить к каким-либо измерениям, нужно предварительно изучить принципиальную схему исследуемого устройства, ознакомиться с составом лабораторной установки, расположением органов коммутации и управления лабораторного макета, а также научиться пользоваться измерительными приборами. Кроме того, непосредственно перед выполнением лабораторной работы следует согласовать с преподавателем программу исследований (получить вариант задания), подготовив протокол в соответствии с формой, приведенной в приложении для каждой работы, предварительно отметив на его первом листе состав бригады студентов.

Лабораторная работа №1 (макет №18).

Исследование электронных устройств, построенных на основе прецизионного операционного усилителя K140УД1408

В разных сочетаниях переключателей S1, S2 и S3 на лабораторном макете можно создавать следующие схемы:

- масштабного усилителя на основе ОУ в инвертирующем включении;
- масштабного усилителя на основе ОУ в неинвертирующем включении;
- интегрирующего усилителя;
- фильтра высоких частот.

Для проведения экспериментов используются широкодиапазонный генератор сигналов, вольтметры переменного тока ВЗ-38 и осциллограф.

Порядок выполнения работы №1<sup>1</sup>

1. Согласовать с преподавателем программу исследований.
2. Включить лабораторную установку и измерительные приборы.
3. Подготовить лабораторную установку к работе, выполнив следующее:
  - к клеммам X1-X2 макета подключить выход генератора сигналов и вольтметр;
  - к клеммам X3-X4 подключить осциллограф и второй вольтметр;
  - переключатели установить следующим образом: S3 в I, S4 в II, S5 в 3;
  - установить на генераторе сигналов режим гармонических колебаний.
4. Снять амплитудную характеристику масштабного усилителя на базе ОУ K140УД1408 в различных схемах включения.

Для этого установить на генераторе сигналов минимальный уровень сигнала и заданное преподавателем в протоколе результатов измерений значение частоты входного сигнала  $f_{ВХ}$  (если не задано, то установить  $f_{ВХ} = 100$  Гц).

Далее, последовательно задавая переключателями S1 и S2 различные конфигурации исследуемой схемы:

- а) масштабный усилитель на основе ОУ в инвертирующем включении с  $R=10$  кОм и  $R_{OC}=22$  кОм (S1 в положении I, S2 в положении 1);
- б) масштабный усилитель на основе ОУ в инвертирующем включении с  $R=10$  кОм и  $R_{OC}=100$  кОм (S1 в положении I, S2 в положении 2);

---

<sup>1</sup> Подробно порядок выполнения лабораторной работы приведен только для работы №1. Аналогичные инструкции для выполнения лабораторных работ приведены в методических указаниях к лабораторным работам. В приложении к данной рабочей программе содержатся протоколы исследования электронных устройств, которые представляют собой краткое изложение порядка выполнения каждой работы, структурированное в виде таблицы исследований. Файлы методических указаний выкладываются преподавателем в начале семестра в LMS ГУАП.

в) масштабный усилитель на основе ОУ в неинвертирующем включении с  $R=10$  кОм и  $R_{OC}=22$  кОм ( $S1$  в положении II,  $S2$  в положении I), исследовать амплитудную характеристику каждого из устройств.

Для этого следует, изменяя уровень входного напряжения  $U_{ВХ}$  в диапазоне от 2 мВ до 5 В, измерять напряжение сигнала на выходе  $U_{ВЫХ}$ . Для измерения  $U_{ВХ}$  и  $U_{ВЫХ}$  используются вольтметры ВЗ-38. Результаты измерений заносить в протокол, заполняя ячейки таблицы в протоколе измерений.

Форму выходного сигнала следует контролировать по осциллографу и при появлении нелинейных искажений (любые заметные отличия формы сигнала от гармонической функции) нужно обязательно делать пометки в протоколе возле соответствующих значений  $U_{ВЫХ}$ .

5. Исследовать амплитудно-частотную характеристику масштабного усилителя на базе ОУ К140УД1408 в различных схемах включения.

Установить на генераторе сигналов входное напряжение на середине линейного участка амплитудной характеристики (приблизительно равное половине того значения максимального входного напряжения, при котором ни в одной из исследованных в п. 4 схем не были замечены нелинейные искажения выходного сигнала).

Далее, последовательно задавая переключателями  $S1$ ,  $S2$  и  $S3$  различные конфигурации исследуемой схемы, исследовать:

а) масштабный усилитель на основе ОУ в инвертирующем включении с  $R=10$  кОм и  $R_{OC}=22$  кОм и простой цепью частотной коррекции ОУ ( $S1$  в положении I,  $S2$  в положении I,  $S3$  в положении I);

б) масштабный усилитель на основе ОУ в инвертирующем включении с  $R=10$  кОм и  $R_{OC}=22$  кОм и сложной цепью частотной коррекции ОУ ( $S1$  в положении I,  $S2$  в положении I,  $S3$  в положении II);

в) масштабный усилитель на основе ОУ в инвертирующем включении с  $R=10$  кОм и  $R_{OC}=100$  кОм и простой цепью частотной коррекции ОУ ( $S1$  в положении I,  $S2$  в положении 2,  $S3$  в положении I);

г) масштабный усилитель на основе ОУ в инвертирующем включении с  $R=10$  кОм и  $R_{OC}=100$  кОм и сложной цепью частотной коррекции ОУ ( $S1$  в положении I,  $S2$  в положении 2,  $S3$  в положении II), исследовать амплитудно-частотную характеристику каждого из устройств.

Для этого следует, изменяя частоту входного сигнала  $f_{ВХ}$  в диапазоне от минимального до максимального значения (в соответствии с возможностями используемого генератора гармонических сигналов), измерять напряжение сигнала на выходе  $U_{ВЫХ}$ . Значение  $U_{ВХ}$  следует поддерживать постоянным для каждого устанавливаемого на генераторе значения частоты  $f_{ВХ}$ . Для контроля  $U_{ВХ}$  и измерения  $U_{ВЫХ}$  используются вольтметры ВЗ-38. Результаты измерений заносить в протокол, заполняя столбцы таблицы в протоколе.

6. Исследовать амплитудно-частотную характеристику интегрирующего усилителя на базе ОУ К140УД1408.

Собрать интегрирующий усилитель на ОУ, установив переключатели следующим образом:  $S1$  в положение I,  $S2$  в положение 3,  $S3$  в положение I.

Далее, задавая различные значения частоты входного сигнала  $f_{ВХ}$ , измерять напряжение сигнала на выходе ( $U_{ВЫХ}$ ) и заносить данные в таблицу в протоколе. Значение  $U_{ВХ}$  следует установить таким же, как и в п. 5, и поддерживать его постоянным для каждого устанавливаемого на генераторе сигналов значения частоты  $f_{ВХ}$ .

7. По окончании работы и/или за 3...4 минуты до конца занятия выключить измерительные приборы, лабораторный макет и подписать протокол измерений у преподавателя.

Контрольные вопросы по лабораторной работе №1 (макет №18).

1. Какое устройство называют операционным усилителем, чем отличается ОУ от других усилителей?
2. Каким требованиям должен удовлетворять идеальный операционный усилитель и почему?
3. Поясните свойство виртуального нуля ОУ на конкретном примере масштабного усилителя.
4. Перечислите каскады типовой структуры ОУ и сформулируйте требования, которые к ним предъявляются.
5. В частности, как проявляется отличие собственного коэффициента усиления от бесконечности в работе масштабного усилителя?
6. Как сказывается конечное значение входного сопротивления реального ОУ на значении коэффициента усиления масштабного усилителя?
7. Изобразите схему масштабного усилителя. Дайте вывод формулы для его коэффициента усиления.
8. Какими еще параметрами (помимо  $R_{BX}$ ,  $R_{ВЫХ}$  и  $K_0$ ) характеризуется ОУ?
9. Изобразите схему суммирующего усилителя. Выведите выражение, связывающее напряжения на входах с напряжением на выходе.
10. Изобразите схему интегрирующего усилителя на ОУ и выведите выражение для его частотной передаточной характеристики.
11. Какие требования предъявляются к частотным свойствам ОУ?
12. Какой фактор ограничивает максимально допустимые значения номиналов сопротивлений в схеме масштабного усилителя?
13. Какой фактор ограничивает минимально допустимые значения номиналов сопротивлений в схеме масштабного усилителя?
14. Почему значение сопротивления  $R_+$  не влияет на коэффициент усиления схем масштабных усилителей?
15. С какой целью в схемы масштабных усилителей вводят сопротивление в цепи неинвертирующего входа ( $R_+$ )?
16. Поясните смысл термина "частотная коррекция" применительно к ОУ.
17. Выведите формулу для АЧХ схемы на ОУ в инвертирующем включении, когда в цепи отрицательной обратной связи включена индуктивность.

#### Лабораторная работа №2 (макет №11).

Исследование избирательного усилителя низкой частоты.

Цель работы: практическое исследование свойств низкочастотного избирательного усилителя на основе операционного усилителя с двойным Т-образным фильтром в цепи обратной связи.

В работе последовательно исследуются амплитудно-частотные характеристики следующих устройств:

- операционного усилителя без обратной связи (в результате определяется экспериментальное значение  $K_0$ );
- двойного Т-образного моста;
- избирательного усилителя, построенного на основе ОУ, охваченного 2Т-мостом в цепи отрицательной обратной связи.

#### Контрольные вопросы

1. Какова физическая сущность процессов, лежащих в основе селективного эффекта двойного Т-образного фильтра?
2. Изобразите амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики двойного Т-образного фильтра и поясните на этом принцип его функционирования.
3. Дайте объяснение избирательному свойству операционного усилителя с двойным Т-образным фильтром в цепи отрицательной обратной связи, объяснив, в

частности, почему на частоте квазирезонанса у 2Т-моста наблюдается минимум АЧХ, а у усилителя с 2Т-мостом в цепи обратной связи на той же частоте оказывается максимум АЧХ?

4. Оцените влияние коэффициента усиления ОУ на избирательные свойства усилителя с двойным Т-образным мостом в цепи обратной связи.

5. Как изменить частоту квазирезонанса полосового избирательного усилителя с частотно-зависимой обратной связью?

6. Что такое добротность полосового избирательного усилителя, и каким образом можно влиять на ее значение?

7. Проанализируйте, как может повлиять увеличение сопротивлений резисторов 2Т-моста при сохранении частоты квазирезонанса (т.е. емкости  $C_1$  -  $C_3$  также пропорционально уменьшаются) на амплитудно-частотную характеристику избирательного усилителя?

8. Какие ещё существуют способы реализации избирательных усилителей? В чем заключаются преимущества рассмотренного способа построения избирательного усилителя и в чем недостатки этого способа?

9. Проанализируйте возможность создания избирательного усилителя на базе ОУ с LC-контуром в цепи обратной связи и дайте пояснения.

10. Назовите области применения частотно-избирательных усилителей и дайте развернутые комментарии.

11. Какие факторы ограничивают выбор номиналов компонентов двойного Т-образного моста при заданной частоте квазирезонанса?

12. Нарисуйте какой-нибудь вариант схемы ФНЧ на основе ОУ, охваченного частотно-зависимой обратной связью, и поясните принцип ее построения и работы.

13. Нарисуйте какой-нибудь вариант схемы ФВЧ на основе ОУ, охваченного частотно-зависимой обратной связью, и поясните принцип ее построения и работы.

14. Нарисуйте какой-нибудь вариант схемы РФ (режекторного фильтра) на основе ОУ, охваченного частотно-зависимой обратной связью, и поясните принцип ее построения и работы.

Лабораторная работа №3 (макет №10).

Исследование усилителя, построенного на основе микросхемы К118УН1

Цель работы: изучение принципов построения транзисторных усилителей устройств с резистивно-емкостными цепями межкаскадных связей, методики измерения и расчета их характеристик на примере микросхемы К118УН1.

Контрольные вопросы:

1. Объясните назначение каждого элемента схемы типового усилительного каскада на биполярном транзисторе.

2. Перечислите виды межкаскадных связей и дайте их сравнительную характеристику.

3. Объясните назначение отрицательной обратной связи по постоянному и переменному току и схемотехнические способы ее реализации.

4. Изложите методику анализа частотных характеристик усилителя с резистивно-емкостными межкаскадными связями.

5. Перечислите способы изменения коэффициента усиления усилительного каскада на биполярном транзисторе.

6. Объясните методику измерения входного и выходного сопротивления электронного устройства.

7. Объясните наблюдаемый характер нагрузочной характеристики.

8. Объясните наблюдаемый характер экспериментально снятой АЧХ усилителя в области низких частот.

9. Объясните наблюдаемый характер экспериментально снятой АЧХ усилителя в области высоких частот.

10. Сравните расчетную и экспериментальную АЧХ, укажите возможные причины их отличия.

11. Перечислите способы низкочастотной коррекции амплитудно-частотной характеристики транзисторных усилителей.

12. Перечислите способы высокочастотной коррекции амплитудно-частотной характеристики транзисторных усилителей.

13. Проанализируйте, как повлияет на АЧХ исследованного усилителя подключение блокировочной емкости между выводом 11 и общим проводом (требуется нарисовать 2 АЧХ: исходную и с подключенной емкостью).

14. Проанализируйте, как повлияет на АЧХ исследованного усилителя подключение блокировочной емкости между выводом 2 и общим проводом (требуется нарисовать 2 АЧХ: исходную и с подключенной емкостью).

15. Проанализируйте, как повлияет на АЧХ исследованного усилителя подключение блокировочной емкости между выводом 5 и общим проводом (требуется нарисовать 2 АЧХ: исходную и с подключенной емкостью).

16. Проанализируйте, как повлияет на АЧХ исследованного усилителя подключение блокировочной емкости между выводом 12 и общим проводом (требуется нарисовать 2 АЧХ: исходную и с подключенной емкостью).

Лабораторная работа №4 (макет №21).

Исследование бестрансформаторного усилителя мощности на микросхеме К174УН4Б.

Цель работы: исследование принципов действия, технической реализации и основных характеристик усилителя мощности на микросхеме К174УН4Б.

Контрольные вопросы:

1. Почему в схемах усилителей мощности используется отрицательная обратная связь, несмотря на то, что она уменьшает коэффициент усиления?

2. Какие схемотехнические решения используются в выходных каскадах интегральных усилителей мощности?

3. Какое влияние оказывает отрицательная обратная связь на амплитудно-частотную характеристику усилителя и почему?

4. Как влияет характер нагрузки на характеристики усилителя? Объясните причины отмеченного влияния.

5. Поясните основные принципы построения интегральных усилителей мощности по принципиальной схеме.

6. Для чего во входной цепи исследуемой микросхемы установлен разделительный конденсатор?

7. Проанализируйте, как может повлиять изменение значения емкости разделительного конденсатора на характеристики схемы.

8. Что такое схема Дарлингтона, почему она обеспечивает большое усиление каскада?

9. Анализируя внутреннюю структуру микросхемы, докажите, что обратная связь через R14 внутри микросхемы является отрицательной.

10. Покажите цепи подачи смещения на базу входного транзистора (VT3) в составе микросхемы К174УН4Б.

11. Проанализируйте, как повлияет на АЧХ изменение емкости конденсатора  $C_{P1}$  на типовой схеме включения микросхемы.

12. Проанализируйте, как повлияет на АЧХ изменение емкости конденсатора  $C_{Бл}$  на типовой схеме включения микросхемы.

13. Какие схемотехнические приёмы используются для стабилизации режимов транзисторных каскадов в бестрансформаторных УМ?

Лабораторная работа №5 (макет №5).

Исследование транзисторных усилителей мощности с трансформаторным выходом:

Часть 1. Исследование однотактного усилителя мощности в режиме класса А

Часть 2. Исследование двухтактного усилителя мощности в режиме классов А, АВ и В.

Цель работы: изучение свойств транзисторных усилителей мощности с трансформаторным выходом, работающих в режимах классов А, АВ и В и их сравнительный анализ.

Контрольные вопросы:

1. Объясните отличия однотактных и двухтактных усилителей мощности: что дает использование двух транзисторов вместо одного?

2. Расскажите о назначении трансформаторов в УМ; почему одна из обмоток каждого трансформатора двухтактного УМ разделена на две секции?

3. Дайте определения режимов А, В, АВ; объясните, почему режим работы УМ связан с током покоя транзисторов.

4. Сравните свойства режимов А, В, АВ в усилителях мощности по основным параметрам: выходная мощность, мощность потребления, КПД и т. д.; подтвердите ответ данными проведенных экспериментов.

5. Что называют нелинейными искажениями? Каковы причины возникновения нелинейных искажений в трансформаторных УМ на биполярных транзисторах?

6. Как уменьшить уровень нелинейных искажений УМ?

7. Что называют частотными искажениями, как уменьшить уровень частотных искажений УМ?

8. Какие искажения вносят трансформаторы в составе УМ, как их можно уменьшить?

9. Почему на входе и выходе транзисторных УМ с трансформаторной связью часто устанавливаются понижающие, а не повышающие трансформаторы (ведь понижающий трансформатор уменьшает напряжение, а повышающий мог бы обеспечить его дополнительное увеличение)?

10. Каков смысл термина "согласующий", применительно к трансформатору в составе усилителя мощности: что с чем он согласует?

11. Поясните смысл термина "токостабилизирующий", применительно к сопротивлению  $R_э$  и объясните, как этот термин согласуется с данными измерений тока коллектора.

12. Предложите какой-либо вариант схемы усилителя мощности с трансформаторным выходом на полевых транзисторах.

13. Какие факторы ограничивают значение максимальной выходной мощности трансформаторных УМ на транзисторах?

14. Какие еще классы усиления (помимо рассмотренных А, АВ и В) применяются в транзисторных УМ?

15. Нарисуйте схему мостового транзисторного усилителя мощности с трансформаторным выходом и объясните принцип ее построения.

16. Нарисуйте схему двухтактного каскада УМ с трансформаторным выходом, в котором транзисторы были бы включены по схеме с общей базой.

17. Нарисуйте схему двухтактного каскада УМ с трансформаторным выходом, в котором транзисторы были бы включены по схеме с общим коллектором.

18. Докажите теоретически, что равенство выходного сопротивления источника сигналов и сопротивления нагрузки обеспечивает максимум мощности, выделяемой в нагрузке.

Лабораторная работа №6 (макет №7).

Исследование компенсационного стабилизатора напряжения.

Цель работы: исследование принципа построения и основных характеристик компенсационного стабилизатора напряжения.

Контрольные вопросы:

1. Поясните структуру и принцип работы простейшего компенсационного стабилизатора.
2. Поясните структуру и принцип работы последовательного стабилизатора.
3. Поясните структуру и принцип работы параллельного стабилизатора.
4. Каковы особенности последовательного и параллельного стабилизаторов?
5. Какими основными характеристиками оценивают качество стабилизатора напряжения?
6. Каким образом характеристики позволяют сравнивать источники электропитания?
7. Чем отличается параметрический стабилизатор от компенсационного?
8. Как можно усовершенствовать параметрический стабилизатор напряжения с целью увеличения коэффициента стабилизации?
9. Какие требования предъявляются к источникам электропитания и к стабилизаторам напряжения?
10. Какие схемные решения применяются при построении стабилизаторов напряжения?
11. Как повысить коэффициент подавления пульсаций в компенсационном стабилизаторе напряжения?
11. Как повысить коэффициент подавления пульсаций в параметрическом стабилизаторе напряжения?
13. Поясните назначение элементов принципиальной схемы исследуемого стабилизатора.
14. Как должна выглядеть нагрузочная характеристика идеального стабилизатора напряжения и почему?
15. Что такое схема Дарлингтона, в чём её достоинства и почему в качестве регулирующего элемента предпочтительнее было использовать именно такое решение?
16. Расскажите о назначении смещающего стабилитрона VD1 в схеме исследованного стабилизатора.

Лабораторная работа №7 (макет №20).

Исследование релаксационных генераторов на основе операционного усилителя.

Цель работы: исследование принципов построения, функционирования и расчета параметров релаксационных генераторов на основе операционных усилителей.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные свойства интегральных операционных усилителей при работе в режиме больших уровней сигналов.
2. Расскажите о процессе возникновения генерации в автоколебательном релаксационном устройстве на ОУ.
3. Расскажите о процессе формирования выходного импульса в ждущем мультивибраторе на ОУ.
4. Почему форма выходных импульсов релаксационного генератора на ОУ не прямоугольная, а близка к трапециидальной?
5. Расскажите о назначении элементов в цепях отрицательной и положительной обратной связи релаксационных генераторов на ОУ.

6. Как можно изменять период следования и скважность импульсов на выходе автоколебательного мультивибратора на основе ОУ? Нарисуйте схему, добавив диод в цепь отрицательной обратной связи так, чтобы длительность положительной фазы колебания была много меньше длительности отрицательной.

7. Какие факторы ограничивают максимально возможное значение параметров времязадающих элементов ( $R+$ ,  $ROC+$ ,  $ROC-$  и  $C$ ) в релаксационных генераторах на основе ОУ?

8. Какие факторы ограничивают минимально возможное значение параметров времязадающих элементов ( $R+$ ,  $ROC+$ ,  $ROC-$  и  $C$ ) в релаксационных генераторах на основе ОУ?

9. Какие факторы ограничивают частоту импульсов автоколебательного мультивибратора сверху (иными словами, почему нельзя создать схему с очень большим значением частоты генерируемых колебаний)?

10. Какие факторы ограничивают частоту импульсов автоколебательного мультивибратора снизу (иными словами, почему нельзя создать схему с очень малым значением частоты генерируемых колебаний)?

11. Влияет ли на период колебаний автоколебательного мультивибратора входное сопротивление ОУ, на основе которого он построен?; если влияет, то как, если нет, то почему? (сравните две схемы с одинаковыми номиналами времязадающих элементов, в которых использованы ОУ с разным значением входного сопротивления).

12. Что общего и в чём различия между операционным усилителем и аналоговым компаратором напряжений?

#### Структура и форма отчета о лабораторной работе

1. Титульный лист
2. Цель и задачи работы.
3. Теоретические сведения о методах решения поставленных задач.
4. Схема лабораторной установки
5. Результаты измерений и расчетов.
6. Графические зависимости.
7. Выводы.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Структура и форма отчета о лабораторной работе является типовой для каждой работы:

В отчете по работе должны быть приведены:

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Формулировка цели работы.
4. Схемы исследуемых устройств и комментарии к ним.
5. Таблицы проделанных экспериментальных измерений, данные теоретических расчетов, комментарии к ним.
6. Графики экспериментальных и теоретических зависимостей:
  - амплитудные характеристики: зависимости  $U_{\text{вых}}$  от  $U_{\text{вх}}$ ;
  - графики АЧХ (зависимости  $K_U$  [dB] от  $f$ ).
7. Выводы по результатам работы (в письменной форме), в которых следует отразить соответствие теоретических и опытных результатов и проанализировать возможные причины их расхождения.
8. Список использованной литературы.
9. К отчету должен прилагаться оригинал протокола измерений, подписанный преподавателем.

Отчет о лабораторной работе оформляется в соответствии с требованиями по оформлению текстовых документов по ГОСТ 7.32-201. Безусловным требованием к тексту отчета является соблюдение правил грамматики и синтаксиса русского языка. Формулы, включаемые в текст, рассматриваются как части предложения, на них распространяются общепринятые знаки препинания.

Для набора текста рекомендуется использовать шрифт Times New Roman, размер – не более 14 пунктов, без выделения и с выравниваем по ширине.

В соответствии с ГОСТ 7.32-2001 включенные в работу страницы текста, иллюстрации, таблицы и распечатки с компьютера должны соответствовать формату А4 (210\*297 мм) с соблюдением следующих размеров полей: правое не менее 10 мм, верхнее и нижнее не менее 20 мм, левое не менее 30 мм.

Страницы с текстом следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Номер страницы проставляется в нижней части листа в центре без точки в конце. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц работы, но номер страницы на нем не проставляется.

Иллюстрации должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Иллюстрации имеют сквозную нумерацию, могут иметь названия и поясняющие данные (подрисуночные подписи). Номер и название помещают ниже иллюстрации в середине строки (например, «Рисунок 1 – Схема ...»). Номер и название иллюстрации выполняется шрифтом (и размером) основного текста.

На все иллюстрации должны быть сделаны ссылки в тексте до первого появления рисунка. При ссылке следует писать слово «Рисунок» с указанием его номера.

Правила оформления библиографических ссылок регламентируются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008. Ссылки на источники следует указывать порядковым номером в квадратных скобках по списку источников. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте работы и нумеровать арабскими цифрами

#### 11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

- систематизировать и закрепить полученные теоретические знания и практические умения по профессиональным учебным дисциплинам и модулям в соответствии с требованиями к уровню подготовки, установленными программой учебной дисциплины, программой подготовки специалиста соответствующего уровня, квалификации;
- применить полученные знания, умения и практический опыт при решении комплексных задач, в соответствии с основными видами профессиональной деятельности по направлению/ специальности/ программе;
- углубить теоретические знания в соответствии с заданной темой;
- сформировать умения применять теоретические знания при решении нестандартных задач;
- приобрести опыт аналитической, расчётной, конструкторской работы и сформировать соответствующие умения;
- сформировать умения работы со специальной литературой, справочной, нормативной и правовой документацией и иными информационными источниками;

- сформировать умения формулировать логически обоснованные выводы, предложения и рекомендации по результатам выполнения работы;
- развить профессиональную письменную и устную речь обучающегося;
- развить системное мышление, творческую инициативу, самостоятельность, организованность и ответственность за принимаемые решения;
- сформировать навыки планомерной регулярной работы над решением поставленных задач.

### Структура пояснительной записки курсового проекта/ работы

Курсовой проект должен состоять из пояснительной записки и графической части. Структура пояснительной записки определяется заданием на курсовое проектирование. Объем пояснительной записки – 20-40 стр. предпочтительно печатного или рукописного текста. Текст должен быть насыщен схемами, графиками, формулами и различными техническими данными, описанием и анализом схем и характеристик устройств.

Графическая часть курсового проекта должна содержать электрические схемы спроектированных и рассчитанных устройств. В соответствии с заданием к курсовой работе должен быть следующий состав и порядок расположения материала в пояснительной записке:

- титульный лист стандартного образца;
- задание на курсовое проектирование;
- перечень и спецификация чертежей, пояснительной записки, дополнительных материалов (ведомость проекта); (не обязательно)
- реферат; (не обязательно)
- содержание;
- введение (цели проекта) – 1-1,5 стр;
- разделы, содержащие принципиальные схемы модулей и расчет их параметров, выводы;
- заключение с основными выводами по проекту /работе,
- список использованной литературы;
- приложения (перечень использованных элементов, принципиальная схема устройства, чертеж печатной платы, алгоритмы и др.). (не обязательно); результаты компьютерного моделирования на диске (обязательно).

Допускается иное содержание пояснительной записки и порядок расположения материала при условии, что они будут более подробно раскрывать тему курсового проекта.

### Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы

Пояснительная записка к курсовому проекту/работе оформляется в соответствии с требованиями по оформлению текстовых документов по ГОСТ 7.32-201. Безусловным требованием к тексту пояснительной записки является соблюдение правил грамматики и синтаксиса русского языка. Формулы, включаемые в текст, рассматриваются как части предложения, на них распространяются общепринятые знаки препинания.

Для набора текста рекомендуется использовать шрифт Times New Roman, размер – не более 14 пунктов, без выделения и с выравниваем по ширине.

В соответствии с ГОСТ 7.32-2001 включенные в работу страницы текста, иллюстрации, таблицы и распечатки с компьютера должны соответствовать формату А4 (210\*297 мм) с соблюдением следующих размеров полей: правое не менее 10 мм, верхнее и нижнее не менее 20 мм, левое не менее 30 мм.

Страницы с текстом следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Номер страницы проставляется в нижней части листа в центре без точки в конце. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц работы, но номер страницы на нем не проставляется.

Иллюстрация должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Иллюстрации имеют сквозную нумерацию, могут иметь названия и поясняющие данные (подрисовочные подписи). Номер и название помещают ниже иллюстрации в середине строки (например, «Рисунок 1 – Схема ...»). Номер и название иллюстрации выполняется шрифтом (и размером) основного текста.

На все иллюстрации должны быть сделаны ссылки в тексте до первого появления рисунка. При ссылке следует писать слово «Рисунок» с указанием его номера.

Правила оформления библиографических ссылок регламентируются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008. Ссылки на источники следует указывать порядковым номером в квадратных скобках по списку источников. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте работы и нумеровать арабскими цифрами.

Учебно-методические материалы для проведения курсовой работы утверждаются на заседании кафедры и выкладываются преподавателем в начале семестра в систему LMS и в личный кабинет студента.

Для проведения занятий по курсовой работе рекомендуется следующее учебно-методическое издание:

Жаринов И.О., Жаринов О.О., Кулин А.Н. Расчет активных фильтров. Учебно-методическое пособие. СПб, ГУИТМО, 2008. 52 с.

#### 11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются учебно-методические материалы по дисциплине.

#### 11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Одним из методов текущего контроля успеваемости является отслеживание выполнения требований к своевременности представления обучающимся в своем личном кабинете результатов выполнения полученных заданий по практическим и лабораторным работам. При нарушении заранее установленных предельных дат выполнения работ, начисляются штрафные баллы, которые снижают общее количество набранных за семестр рейтинговых баллов, по сумме которых производится промежуточная аттестация.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой