

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»
АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
Глебов В.В.
«29» 01 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.12 Схемотехника

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
(код и наименование направления подготовки)

Направленность: Проектирование и технология радиоэлектронных средств
(наименование профиля, программы магистратуры)

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

Год начала подготовки: 2025

Объем дисциплины: 144 / 4
(часов/з.е.)

Промежуточная аттестация: экзамен
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра: КиТ РЭС
(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: КиТ РЭС
(аббревиатура кафедры)

Разработчик(и): Шаров В.А., к.т.н., доцент

г. Арзамас
2025 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного приказом Минобрнауки России от 19 сентября 2017 г. № 928 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ,

протокол от 29.01.2025 г. № 1

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 16.01.2023 г. № 1

Заведующий кафедрой Жидкова Н.В.
(подпись) _____ (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,

протокол от 29.01.2025 г. № 1

Зам. директора по УР Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 11.03.03-12

Начальник УО Мельникова О.Ю.
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки Старостина О.Н.
(подпись)

Оглавление

| | |
|---|----|
| 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | 4 |
| 1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)..... | 4 |
| 1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)..... | 4 |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ..... | 4 |
| 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | 4 |
| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | 8 |
| 4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам..... | 8 |
| 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | 11 |
| 5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания..... | 11 |
| 5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины..... | 16 |
| 5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине | 20 |
| 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 23 |
| 6.1 Основная литература | 23 |
| 6.2 Дополнительная литература..... | 23 |
| 6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям..... | 23 |
| 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 23 |
| 7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы | 23 |
| 7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины | 23 |
| 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ | 23 |
| 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ) | 24 |
| 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | 24 |
| 10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии | 24 |
| 10.2 Методические указания для занятий лекционного типа | 25 |
| 10.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах | 25 |
| 10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа | 25 |
| 10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся | 25 |
| 10.6 Методические указания по обеспечению образовательного процесса..... | 26 |

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Схемотехника» является изучение теоретических основ и принципов построения узлов устройств аналоговой электроники.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

Задачи освоения дисциплины:

- изучение параметров и характеристик усилителей;
- изучение принципа действия и схемотехнических решений основных типов усилительных каскадов;
- изучение операционных усилителей и схем на их основе;
- изучение теории обратных связей в усилителях;
- знакомство с принципами построения автогенераторов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Схемотехника» включена в перечень дисциплин обязательной части, определяющих направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математика», «Физика», «Информатика», «Физические основы микро- и наноэлектроники», «Материалы электронной техники», «Компоненты электронной техники», «Основы электротехники», «Теоретические основы радиотехники», «Микропроцессорные устройства», «Цифровые устройства и элементы электронных средств».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины «Схемотехника», необходимы при изучении следующих дисциплин: «Основы конструирования электронных средств», «Проектирование функциональных узлов», «Компьютерное проектирование и моделирование электронных средств», «Промышленные САПР» и при подготовке выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Схемотехника» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины «Схемотехника» направлен на формирование элементов общепрофессиональной и профессиональных компетенций ОПК-4, ПКС-1 и ПКС-2 в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств.

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами

| Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно | Семестры формирования дисциплины Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра / магистра | | | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности | | | | | | | | |
| Инженерная и компьютерная графика | | | | | | | | |
| Схемотехника | | | | | | | | |

| Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно | Семестры формирования дисциплины Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра / магистра | | | | | | | |
|--|--|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Информационные технологии | | | | | | | | |
| Метрология, стандартизация и сертификация | | | | | | | | |
| Выполнение и защита ВКР | | | | | | | | |
| ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов | | | | | | | | |
| Введение в специальность | | | | | | | | |
| Материалы электронной техники | | | | | | | | |
| Специальные главы физики | | | | | | | | |
| Физические основы микро- и наноэлектроники | | | | | | | | |
| Основы электротехники | | | | | | | | |
| Проектирование механических узлов электронных средств | | | | | | | | |
| Колебательные процессы в электронных средствах | | | | | | | | |
| Специальные разделы математики | | | | | | | | |
| Математические основы проектирования электронных средств | | | | | | | | |
| Математические основы автоматизации | | | | | | | | |
| Технологическая (проектно-технологическая) практика | | | | | | | | |
| Физико-химические основы технологии электронных средств | | | | | | | | |
| Управление техническими системами | | | | | | | | |
| Цифровые устройства и элементы электронных средств | | | | | | | | |
| Управление качеством электронных средств | | | | | | | | |
| Схемотехника | | | | | | | | |
| Теоретические основы радиотехники | | | | | | | | |
| Теория информации и кодирования | | | | | | | | |
| Проектирование функциональных узлов | | | | | | | | |
| Технологическая (проектно-технологическая) практика | | | | | | | | |
| Основы конструирования электронных средств | | | | | | | | |
| Техническая электродинамика | | | | | | | | |
| Теория цифровой обработки сигналов | | | | | | | | |
| Компьютерное проектирование и моделирование электронных средств | | | | | | | | |
| Преддипломная практика | | | | | | | | |
| Выполнение и защита ВКР | | | | | | | | |
| ПКС-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений | | | | | | | | |
| Микропроцессорные устройства | | | | | | | | |
| Правоведение | | | | | | | | |
| Проектирование механических узлов электронных средств | | | | | | | | |
| Технологическая (проектно-технологическая) практика | | | | | | | | |
| Безопасность жизнедеятельности | | | | | | | | |
| Компоненты электронной техники | | | | | | | | |
| Управление техническими системами | | | | | | | | |
| Основы финансовой грамотности | | | | | | | | |
| Надежность электронных средств | | | | | | | | |
| Цифровые устройства и элементы электронных средств | | | | | | | | |
| Схемотехника | | | | | | | | |
| Промышленные САПР | | | | | | | | |
| Технологическая (проектно-технологическая) практика | | | | | | | | |
| Методология синтеза конструкторско-технологических решений электронных средств | | | | | | | | |
| Приборы и системы | | | | | | | | |

| Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно | Семестры формирования дисциплины Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра / магистра | | | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Теория цифровой обработки сигналов | | | | | | | | |
| Компоненты устройств СВЧ | | | | | | | | |
| Автоматизация технологических процессов | | | | | | | | |
| Проектирование СВЧ устройств | | | | | | | | |
| Компьютерное проектирование и моделирование электронных средств | | | | | | | | |
| Преддипломная практика | | | | | | | | |
| Выполнение и защита ВКР | | | | | | | | |

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Схемотехника», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине | | |
|---|--|--|---|--|
| ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности | ИОПК-4.4. Использует современные программные средства автоматизации разработки и выполнения конструкторско-технологической документации. | <p>Знать: Современные программные средства схемотехнического проектирования и моделирования.</p> | <p>Уметь: Планировать и проводить компьютерные эксперименты. Оформлять конструкторско-технологическую документацию, используя средства современных информационных технологий.</p> | <p>Владеть: Практическими навыками использования современных программных средств при проектировании аналоговых радиоэлектронных средств.</p> |
| ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов | ИПКС-1.2. Строит простейшие физические и математические модели аналоговых схем, устройств и установок электроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | <p>Знать: Актуальную научно-техническую и патентную литературу по тематике исследований и разработок.</p> | <p>Уметь: Формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронных устройств и систем.</p> | <p>Владеть: Навыками самостоятельного поиска и анализа специальной научно-технической и патентной литературы по тематике исследований и разработок.</p> |
| ПКС-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений | ИПКС-2.1. Оценивает современный уровень развития микропроцессоров, микропроцессорных систем, программируемых логических интегральных схем на основе анализа актуальной научно-технической литературы, в том числе на иностранном языке. | <p>Знать: Основы теории радиотехнических цепей и сигналов. Основные классы полупроводниковых приборов и их характеристики. Основы аналоговой схемотехники. Современную элементную базу. Современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, системных и сетевых задач. Назначение, технические характеристики, конструктивные особенности, принципы работы и правила эксплуатации используемого оборудования. Последовательность и техника проведения измерений, наблюдений и экспериментов. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники.</p> | <p>Уметь: Осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования узлов и блоков аналоговых устройств. Осуществлять расчет основных показателей качества радиоэлектронной системы.</p> | <p>Владеть: Навыками определения вариантов структурной схемы радиоэлектронного устройства или системы; расчета всех необходимых показателей структурной схемы радиоэлектронного устройства или системы; разработки принципиальной схемы всего радиоэлектронного устройства и отдельных его деталей и узлов.</p> |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. ед. или 144 часов, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения / заочного обучения

| Вид учебной работы | Трудоемкость в час | |
|---|--|--|
| | Всего час. | В т.ч. по семестрам 6 семестр/ 8 семестр |
| Формат изучения дисциплины | с использованием элементов электронного обучения | |
| Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану | 144/144 | 144/144 |
| 1. Контактная работа: | 58/24 | 58/24 |
| 1.1. Аудиторная работа, в том числе: | 52/18 | 52/18 |
| занятия лекционного типа (Л) | 28/8 | 28/8 |
| занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.) | 12/10 | 12/10 |
| лабораторные работы (ЛР) | 12/– | 12/– |
| 1.2. Внеаудиторная, в том числе | 6/6 | 6/6 |
| курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита) | – | – |
| текущий контроль, консультации по дисциплине | 4/4 | 4/4 |
| контактная работа на промежуточном контроле (КРА) | 2/2 | 2/2 |
| 2. Самостоятельная работа (СРС) | 124/120 | 124/120 |
| реферат/эссе (подготовка) | – | – |
| расчёто-графическая работа (РГР) (подготовка) | – | – |
| контрольная работа | – | – |
| курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка) | – | – |
| самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.) | 88/84 | 88/84 |
| Подготовка к экзамену (контроль) | 36/36 | 36/36 |
| Подготовка к зачету / зачету с оценкой (контроль) | – | – |

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем | Виды учебной работы (час) | | | | Содержание разделов, тем, занятий | Вид СРС | | |
|---|---|---------------------------|---------------------|----------------------|----------------------------------|--|---|--|--|
| | | Контактная работа | | | | | | | |
| | | Лекции | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа студентов | | | | |
| 6 семестр | | | | | | | | | |
| ОПК-4 ИОПК-4.4 ПКС-1 ИПКС-1.2 | Раздел 1. Параметры и характеристики усилителей | | | | | | | | |
| | Тема 1.1. Линейные параметры | 1,5/0,5 | | | 3,5/4 | Коэффициенты усиления. Малосигнальные параметры | Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1] | | |
| | Тема 1.2. Характеристики усилителей | 1,5/0,5 | | | 3,5/4 | Амплитудная, амплитудно-частотная, фазо-частотная характеристики. Нелинейные искажения. | | | |
| | Итого по 1 разделу | 3/1 | – | – | 7/8 | | | | |
| ПКС-2 ИПКС-2.1 | Раздел 2. Усилительный каскад с общим эмиттером | | | | | | | | |
| | Тема 2.1. Принцип действия и основные параметры | 1,5/0,5 | | | 3,5/4 | Схема включения транзистора. Рабочий режим. Коэффициент усиления | Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1] | | |
| | Тема 2.2. Цепи смещения и термостабилизации | 1,5/0,5 | | | 3,5/4 | Схема с фиксированным напряжением на базе. Схема с фиксированным током базы. Термостабилизация рабочего режима. | | | |
| | Практическое занятие №1 | | | 4/4 | 2/2 | Исследование усилителя с общим эмиттером. | | | |
| | Итого по 2 разделу | 3/1 | – | 4/4 | 9/10 | | | | |
| ОПК-4 ИОПК-4.4 ПКС-1 ИПКС-1.2 | Раздел 3. Усилительные каскады с общим коллектором и общей базой | | | | | | | | |
| | Тема 3.1. Принцип действия и основные параметры | 1,5/ 0,25 | | | 3,5/4 | Схема включения транзистора. Рабочий режим. Коэффициент усиления | Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1] | | |
| | Тема 3.2. Цепи питания | 1,5/0,5 | | | 3,5/4 | Питание каскада ОБ с коллекторной и эмиттерной стабилизацией | | | |
| | Тема 3.3. Классы усилителей | 1,5/0,5 | | | 3,5/4 | Классы усиления А, В, АВ, С. Коэффициенты Берга. | | | |
| | Тема 3.4. Частотные характеристики усилителей | 1,5/0,5 | | | 3,5/4 | Формирование частотной характеристики в области низких частот. Формирование частотной характеристики в области высоких частот. | | | |
| | Итого по 3 разделу | 6/1,75 | – | – | 14/16 | | | | |
| ПКС-2 ИПКС-2.1 | Раздел 4. Усилители мощности | | | | | | | | |
| | Тема 4.1. Трансформаторный каскад класса А. | 1/0,25 | | | 3,5/4 | Схема, принцип действия. Обеспечение режима работы. | Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1] | | |
| | Тема 4.2. Трансформаторный каскад класса В и АВ. | 1/0,25 | | | 3,5/4 | Схема, принцип действия. Обеспечение режима работы. | | | |
| | Тема 4.3 Бестрансформаторные усилители мощности | 2/0,5 | | | 5/6 | Схема, принцип действия. Режимы работы. | | | |
| | Лабораторная работа №1. Изучение каскадов ОК и усилителей мощности | | 8/– | | 4/– | Исследование каскада ОК. Исследование бестрансформаторных усилителей мощности. | Подготовка к лабораторной работе | | |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование разделов, тем | Виды учебной работы (час) | | | | Содержание разделов, тем, занятий | Вид СРС | | |
|---|--|---------------------------|---------------------|----------------------|----------------------------------|---|---------|--|--|
| | | Контактная работа | | | | | | | |
| | | Лекции | Лабораторные работы | Практические занятия | Самостоятельная работа студентов | | | | |
| | | | | | | | | [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1] | |
| | Итого по 4 разделу | 4/1 | 8/– | – | 16/14 | | | | |
| ПКС-2 ИПКС-2.1 | Раздел 5. Операционные усилители | | | | | | | | |
| | Тема 5.1. Операционный усилитель | 1/0,25 | | | 4/4 | Параметры идеального ОУ | | Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1] | |
| | Тема 5.2. Инвертирующая схема включения | 1,5/0,5 | | | 4/4 | Основная инвертирующая схема включения ОУ. Суммирующий усилитель | | | |
| | Тема 5.3. Неинвертирующая схема включения. | 1,5/0,5 | | | 4/4 | Основная неинвертирующая схема включения ОУ. Повторитель. Дифференциальный усилитель. Интегрирующий и дифференцирующий усилители. | | | |
| | Лабораторная работа №2. Исследование устройств на ОУ | | 4/– | | 2/– | Исследование основных устройств на операционных усилителях | | Подготовка к лабораторной работе [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1] | |
| | Итого по 5 разделу | 4/1,25 | 4/– | – | 14/12 | | | | |
| ОПК-4 ИОПК-4.4 ПКС-1 ИПКС-1.2 | Раздел 6. Обратные связи в усилителях | | | | | | | | |
| | Тема 6.1. Виды обратных связей | 1,5/ 0,25 | | | 3,5/4 | Положительная и отрицательная обратная связь. Основные соотношения. Последовательная и параллельная обратные связи. Обратная связь по току и по напряжению | | Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1] | |
| | Тема 6.2. Влияние ОС на параметры усилителя | 1,5/ 0,25 | | | 3,5/4 | Стабилизация коэффициента усиления. Подавление паразитных сигналов. Влияние ОС на входное и выходное сопротивление усилителя. Влияние ОС на частотные характеристики усилителя. | | | |
| | Итого по 6 разделу | 3/0,5 | – | – | 7/8 | | | | |
| | | | | | | | | | |
| ПКС-2 ИПКС-2.1 | Раздел 7. Автогенераторы | | | | | | | | |
| | Тема 7.1. Генераторы гармонических колебаний | 1/0,5 | | | 4/4 | Структурная схема генератора. Основное уравнение автогенератора. Условие баланса фаз и баланса амплитуд | | Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1] | |
| | Тема 7.2. Основные схемы автогенераторов | 2/0,5 | | | 4/4 | Генератор с трансформаторной ОС. Генератор с индуктивной ОС. Генератор с емкостной ОС. RC-автогенератор. | | | |
| | Тема 7.3. Импульсные генераторы | 2/0,5 | | | 4/4 | Мультивибраторы. Импульсные генераторы на операционных усилителях. | | | |
| | Практическое занятие №2. Исследование генераторов | | | 8/6 | 4/4 | Исследование цепи обратной связи. Исследование RC-автогенератора. | | Подготовка к практическому занятию [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1] | |
| | Итого по 7 разделу | 5/1,5 | – | 8/10 | 21/16 | | | | |
| | ИТОГО за семестр | 28/8 | 12/– | 12/10 | 88/84 | | | | |
| | ИТОГО по дисциплине | 28/8 | 12/– | 12/10 | 88/84 | | | | |

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

| Вид занятий | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий |
|----------------------|--|
| Лекции | Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии |
| Практические занятия | Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Технология коллективной работы Информационно-коммуникационные технологии |

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Оценочные процедуры текущего контроля успеваемости по дисциплине «Схемотехника» проводятся преподавателем дисциплины.

Для оценки текущего контроля **знаний** используются тесты, сформированные в системе MOODLE.

Тесты по разделам содержат по 1-2 вопроса на каждую тему, время на проведение тестирования 10-25 минут в зависимости от количества тем в разделе. На каждый тест дается 2 попытки.

Для оценки текущего контроля **умений и навыков** проводятся лабораторные и практические занятия в форме выполнения заданий. При выполнении лабораторного и практического задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Студент допускается к промежуточной аттестации (экзамену), если в результате изучения разделов дисциплины в ходе текущего контроля ответил верно на 60% вопросов тестов и предоставил отчеты по всем практическим работам.

Билет для промежуточной аттестации содержит 2 теоретических вопроса и практическое задание, время на подготовку ответов и решение задания - 45 минут. Промежуточная аттестация считается пройденной, если студент набрал не менее 3 баллов.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2.

Итоговая оценка по дисциплине формируется по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (таблица 5.3).

Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора компетенции | Показатели контроля успеваемости | Критерии и шкала оценивания | | Форма контроля |
|---|--|---|--|---|---|
| | | | 1 балл | 0 баллов | |
| ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности | ИОПК-4.4. Использует современные программные средства автоматизации разработки и выполнения конструкторско-технологической документации. | ЗНАТЬ Современные программные средства схемотехнического проектирования и моделирования. УМЕТЬ Планировать и проводить компьютерные эксперименты. Оформлять конструкторско-технологическую документацию, используя средства современных информационных технологий. ВЛАДЕТЬ Практическими навыками использования современных программных средств при проектировании аналоговых радиоэлектронных средств. | Верно выполнено 60 процентов и более вопросов каждого теста* | Верно выполнено менее 60 процентов вопросов каждого теста | Тестирование по разделам дисциплины в СДО MOODLE |
| | | Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме** | Практические задания не выполнены и не оформлены | Контроль выполнения практических заданий ПЗ №1,2 (см. табл. 4.2) | |
| | | Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме** | Практические задания не выполнены и не оформлены | Контроль выполнения практического задания ЛБ №1,2 (см. табл. 4.2) | |
| ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов | ИПКС-1.2. Строит простейшие физические и математические модели аналоговых схем, устройств и установок электроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | ЗНАТЬ Актуальную научно-техническую и патентную литературу по тематике исследований и разработок . | Верно выполнено 60 процентов и более вопросов каждого теста* | Верно выполнено менее 60 процентов вопросов каждого теста | Тестирование по разделам дисциплины в СДО MOODLE |
| | | УМЕТЬ Формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронных устройств и систем. | Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме** | Практические задания не выполнены и не оформлены | Контроль выполнения практических заданий ПЗ №1,2 (см. табл. 4.2) |
| | | ВЛАДЕТЬ Навыками самостоятельного поиска и анализа специальной научно-технической литературы по тематике исследований и разработок. | Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме** | Практические задания не выполнены и не оформлены | Контроль выполнения практического задания ЛБ №1,2 (см. табл. 4.2) |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора компетенции | Показатели контроля успеваемости | Критерии и шкала оценивания | | Форма контроля |
|---|---|--|--|---|--|
| | | | 1 балл | 0 баллов | |
| ПКС-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений | ИПКС-2.1. Знает современный уровень микропроцессоров, микропроцессорных систем, программируемых логических интегральных схем, используемых для создания структурных и функциональных схем радиоэлектронных систем и комплексов | <p>ЗНАТЬ Основы аналоговой схемотехники. Современную элементную базу. Современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, задач. Последовательность и техника проведения измерений, наблюдений и экспериментов. Действующие нормативные требования и государственные стандарты. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники.</p> <p>УМЕТЬ Осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования узлов и блоков аналоговых устройств. Осуществлять расчет основных показателей качества радиоэлектронной системы .</p> <p>ВЛАДЕТЬ Навыками расчета всех необходимых показателей схемы радиоэлектронного устройства; разработки принципиальной схемы радиоэлектронного устройства и отдельных его деталей и узлов; выбора типа элементов с учетом технических требований, экономической целесообразности и предполагаемой технологии его изготовления.</p> | Верно выполнено 60 процентов и более вопросов каждого теста* | Верно выполнено менее 60 процентов вопросов каждого теста | Тестирование по разделам дисциплины в СДО MOODLE |

*) за каждый тест назначается по 1 баллу;

**) за каждое практическое занятие назначается по 1 баллу.

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (экзамен)

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора компетенции | Показатели контроля успеваемости | Критерии и шкала оценивания | | | Форма контроля |
|---|--|---|---|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| | | | 2 балла | 1 балл | 0 баллов | |
| ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности | ИОПК-4.4. Использует современные программные средства автоматизации разработки и выполнения конструкторско-технологической документации. | <p>ЗНАТЬ Современные программные средства схемотехнического проектирования и моделирования.</p> <p>УМЕТЬ Планировать и проводить компьютерные эксперименты. Оформлять конструкторско-технологическую документацию, используя средства современных информационных технологий.</p> <p>ВЛАДЕТЬ Практическими навыками использования современных программных средств при проектировании аналоговых радиоэлектронных средств.</p> | Представлен развернутый ответ на вопрос | Представлен не полный ответ на вопрос | Ответ на вопрос отсутствует | Ответ на теоретический вопрос билета |
| | | | Представлен развернутый ответ на вопрос | Представлен не полный ответ на вопрос | Ответ на вопрос отсутствует | Ответ на дополнительные вопросы |
| | | | Задание решено верно | Задание решено с ошибками | Задание не решено | Решение задач билета |
| ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов | ИПКС-1.2. Строит простейшие физические и математические модели аналоговых схем, устройств и установок электроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | <p>ЗНАТЬ Актуальную научно-техническую и патентную литературу по тематике исследований и разработок.</p> | Представлен развернутый ответ на вопрос | Представлен не полный ответ на вопрос | Ответ на вопрос отсутствует | Ответ на теоретический вопрос билета |
| | | | Представлен развернутый ответ на вопрос | Представлен не полный ответ на вопрос | Ответ на вопрос отсутствует | Ответ на дополнительные вопросы |
| | | УМЕТЬ Формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронных устройств и систем. | Задание решено верно | Задание решено с ошибками | Задание не решено | Решение задач билета |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора компетенции | Показатели контроля успеваемости | Критерии и шкала оценивания | | | Форма контроля |
|---|---|---|---|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| | | | 2 балла | 1 балл | 0 баллов | |
| ПКС-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений | ИПКС-2.1. Знает современный уровень микропроцессоров, микропроцессорных систем, программируемых логических интегральных схем, используемых для создания структурных и функциональных схем радиоэлектронных систем и комплексов | ЗНАТЬ Основы алгебры логики. Основы цифровой схемотехники. Современную элементную базу. Современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических задач. Последовательность и техника проведения измерений, наблюдений и экспериментов. Действующие нормативные требования и государственные стандарты. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники. | Представлен развернутый ответ на вопрос | Представлен не полный ответ на вопрос | Ответ на вопрос отсутствует | Ответ на теоретический вопрос билета |
| | | УМЕТЬ Осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования узлов и блоков цифровых устройств. Осуществлять расчет основных показателей качества радиоэлектронной системы. | Представлен развернутый ответ на вопрос | Представлен не полный ответ на вопрос | Ответ на вопрос отсутствует | Ответ на дополнительные вопросы |

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию

| Баллы за текущую успеваемость* | Баллы за промежуточную аттестацию | | Оценка |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| | Суммарное количество баллов** | Баллы за решение задач** | |
| 0 баллов | 0...2 баллов | 0 баллов | «неудовлетворительно» |
| 13 баллов | 3 балла | не менее 1 балла | «удовлетворительно» |
| 13 баллов | 4...5 баллов | не менее 2 баллов | «хорошо» |
| 13 баллов | 6 баллов | не менее 2 баллов | «отлично» |

*) – количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.;

**) – количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний и умений студентов по дисциплине проводится комплексная оценка, включающая:

выполнение лабораторных работ (выполнение заданий по вариантам, ответы на контрольные вопросы) и практических заданий (решение задач, ответы на контрольные вопросы), оформление отчетов по лабораторным работам и практическим занятиям;

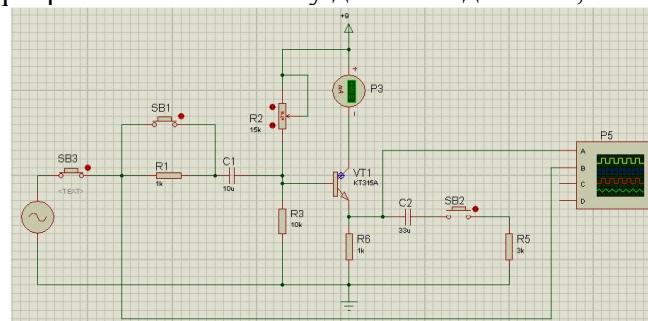
тестирование в СДО MOODLE по различным разделам дисциплины.

Раздел 4. Усилители мощности

1. Каскад ОК класса А

1.1. Исследование параметров усилительного каскада ОК с базовым делителем напряжения.

1.1.1. Создайте в программе Proteus схему для исследований, аналогично рисунка.



| № варианта | E,B | R3,кОм | R _Э ,кОм | R _Н ,кОм | C1,мкФ | C2,мкФ |
|------------|-----|--------|---------------------|---------------------|--------|--------|
| 1 | 9 | 1,6 | 0,82 | 3 | 33 | 33 |
| 2 | 10 | 2,2 | 0,91 | 3 | 33 | 33 |
| 3 | 12 | 2,7 | 0,68 | 3 | 22 | 22 |
| 4 | 15 | 3,0 | 1,0 | 3 | 22 | 33 |
| 5 | 9 | 1,8 | 0,82 | 3 | 33 | 22 |
| 6 | 10 | 2,0 | 0,91 | 3 | 33 | 33 |
| 7 | 12 | 2,2 | 0,68 | 3 | 33 | 22 |
| 8 | 15 | 2,4 | 1,0 | 3 | 22 | 33 |
| 9 | 9 | 2,2 | 0,82 | 3 | 33 | 22 |
| 10 | 10 | 2,4 | 0,91 | 3 | 22 | 33 |
| 11 | 12 | 3,0 | 0,68 | 3 | 22 | 22 |
| 12 | 15 | 2,7 | 1,0 | 3 | 22 | 22 |
| 13 | 9 | 2,0 | 0,82 | 3 | 33 | 22 |

| № варианта | E, В | R ₃ , кОм | R _Э , кОм | R _h , кОм | C ₁ , мкФ | C ₂ , мкФ |
|------------|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 14 | 10 | 3,0 | 0,91 | 3 | 22 | 22 |
| 15 | 12 | 2,7 | 0,68 | 3 | 22 | 33 |
| 16 | 15 | 3,0 | 1,0 | 3 | 22 | 22 |
| 17 | 9 | 2,2 | 0,82 | 3 | 33 | 33 |
| 18 | 10 | 2,4 | 0,91 | 3 | 22 | 22 |
| 19 | 12 | 3,0 | 0,68 | 3 | 22 | 33 |
| 20 | 15 | 3,6 | 1,0 | 3 | 22 | 33 |
| 21 | 9 | 2,2 | 0,82 | 3 | 33 | 33 |
| 22 | 10 | 2,4 | 0,91 | 3 | 22 | 22 |
| 23 | 12 | 3,0 | 0,68 | 3 | 22 | 33 |
| 24 | 15 | 2,7 | 1,0 | 3 | 22 | 33 |

1.1.2. Установите частоту источника синусоидального напряжения 1 кГц, амплитуду выходного напряжения 1В.

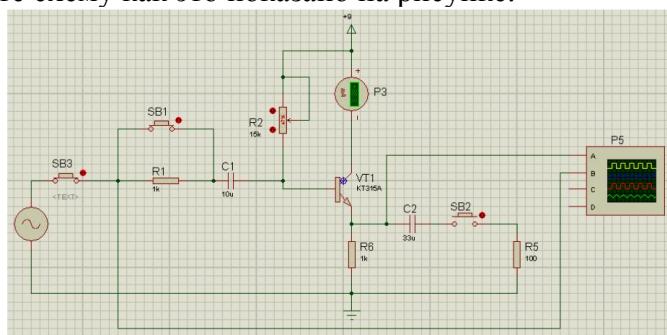
Аналогично п.4.2 лабораторной работы №1 постройте амплитудную характеристику каскада, определите его динамический диапазон и коэффициент передачи.

1.1.3. Аналогично п.4.3 и 4.4 лабораторной работы №1 определите входное и выходное сопротивление каскада.

1.1.4. Определите коэффициент усиления каскада по мощности

1.2. Исследование параметров усилительного каскада ОК с базовым источником тока.

1.2.1. Преобразуйте схему как это показано на рисунке.



1.2.2. Установите ток покоя транзистора таким же как и при выполнении п.1.1 настоящей работы.

1.2.3. Измерьте входное и выходное сопротивления данного варианта схемы.

1.2.4. Сравните результаты с полученными ранее, в п.1.1 и сделайте выводы.

2. Исследование двухтактных усилителей мощности

2.1. Исследование двухтактного каскада класса В.

2.1.1. Коэффициент полезного действия усилителя мощности, работающего в классе А не может превышать 50%.

При построении таких каскадов используются пары транзисторов, имеющих одинаковые электрические параметры, но разный тип проводимости (комплементарные пары транзисторов). В таблице 2 приведены комплементарные пары транзисторов из библиотеки элементов PROTEUS.

| Вариант | Транзисторы | |
|---------|-------------|--------|
| | n-p-n | p-n-p |
| 1 | BC550 | BC560 |
| 2 | BC846 | BC856 |
| 3 | BC847 | BC857 |
| 4 | BC848 | BC858 |
| 5 | 2N5550 | 2N5400 |
| 6 | 2N5551 | 2N5401 |
| 7 | 2N4401 | 2N4403 |
| 8 | 2N3904 | 2N3906 |
| 9 | 2N3397 | 2N3905 |
| 10 | 2SB716 | 2SD756 |

| Вариант | Транзисторы | |
|---------|-------------|--------|
| | n-p-n | p-n-p |
| 11 | MPSA06 | MPSA56 |
| 12 | MPSA43 | MPSA92 |

2.1.2. Соберите схему, показанную на рис.3, используя транзисторы, указанные для вашего варианта.

2.1.3. Установите частоту сигнала 1кГц, амплитуду 2-3В.

2.1.4. Получите осциллограмму выходного сигнала. Объясните причины искажений.

2.1.5. Оцените степень нелинейных искажений сигнала: наличие гармоник, их амплитуда относительно первой гармоники (для первых 2-3 высших гармоник). Используйте для этого графики, имеющиеся в составе PROTEUS.

2.1.6. Второй этап процесса симуляции – это установка сигнал-генераторов в точках, требующих воздействий, и пробников в точках проверки.

Установка сигнал-генераторов и пробников выполняется так же, как это делается для других компонентов, контактов или точек соединения в ISIS.

2.1.7. Чтобы разместить график:

1. Выбрать иконку Graph Mode .

2. Выбрать тип графика FOURIER.

3. Поместить указатель мышки в точке верхнего левого угла графика. Нажать левую клавишу мышки и «растянуть» прямоугольник такого размера, какой нужен для графика, а затем отпустить клавишу мышки

2.1.8. Кривую на график можно добавить перетащив на него генератор или пробник.

2.1.9. Настройте генератор

2.1.10. Для настройки параметров графика:

- щелчок ПКМ по графику;

- в появившемся окне выбрать Edit Graph;

- в окне редактирования установить параметры, ОК.

2.1.11. Для проведения измерений и более наглядного представления графика в отчете его можно отредактировать. Поместите отредактированный график в отчет.

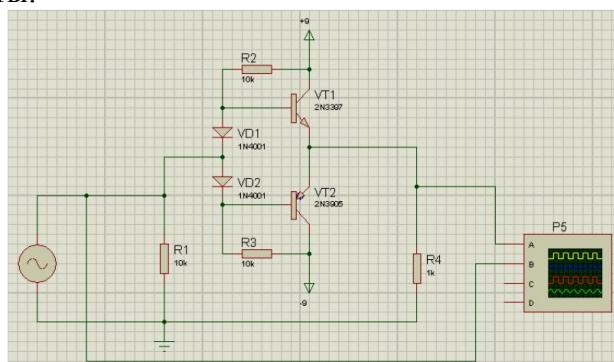
2.1.12. Для точного проведения измерений масштаб графика можно увеличивать или уменьшать командами View / Zoom In / Zoom Out.

Измерьте амплитуды гармонических составляющих и заполните таблицу

| n | Гармоники | | | | | | | | | |
|--------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Un, мВ | | | | | | | | | | |
| Un/U1 | | | | | | | | | | |

2.2. Исследование двухтактного каскада класса АВ.

2.2.1. Соберите схему, приведенную на рисунке, сохранив пару транзисторов из предыдущего пункта работы.



2.2.2. Повторите пункты 2.1.4-2.1.12 для данной схемы.

Раздел 5. Операционные усилители

2. Задания для самостоятельной работы

2.1. Исследование основных схем включения ОУ

Типы операционных усилителей, указанные в таблице.

Для всех типов ОУ питание - $\pm 12V$.

| Вариант | Тип ОУ | Выводы питания | |
|---------|--------|----------------|---|
| | | - | + |
| 1 | AD8014 | 4 | 7 |
| 2 | AD8017 | 4 | 8 |
| 3 | AD8022 | 4 | 8 |
| 4 | AD8031 | 4 | 7 |
| 5 | AD8032 | 4 | 8 |
| 6 | AD8042 | 4 | 8 |
| 7 | AD8044 | 11 | 4 |
| 8 | AD8047 | 4 | 7 |
| 9 | AD8051 | 4 | 7 |
| 10 | AD8052 | 4 | 7 |
| 11 | AD8054 | 4 | 7 |
| 12 | AD8055 | 4 | 7 |
| 13 | AD8057 | 4 | 7 |
| 14 | AD8058 | 4 | 7 |
| 15 | AD811 | 4 | 7 |
| 16 | AD823 | 4 | 8 |
| 17 | AD8014 | 4 | 7 |
| 18 | AD8017 | 4 | 8 |
| 19 | AD8022 | 4 | 8 |
| 20 | AD8031 | 4 | 7 |

2.1.1. Расчет параметров усилителя

Варианты 1...10. Инвертирующий усилитель

По заданным параметрам рассчитать сопротивление обратной связи усилителя

| Вариант | K | R _b кОм | R _{oc} , кОм |
|---------|----|--------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 10 | |
| 2 | 4 | 15 | |
| 3 | 5 | 20 | |
| 4 | 8 | 5 | |
| 5 | 10 | 4 | |

По заданным параметрам рассчитать коэффициент усиления

| Вариант | K | R _{1s} кОм | R _{oc} , кОм |
|---------|---|---------------------|-----------------------|
| 6 | | 10 | 25 |
| 7 | | 15 | 40 |
| 8 | | 20 | 80 |
| 9 | | 5 | 30 |
| 10 | | 4 | 20 |

Варианты 11...20. Неинвертирующий усилитель

По заданным параметрам рассчитать сопротивление обратной связи усилителя

| Вариант | K | R _{1s} кОм | R _{oc} , кОм |
|---------|----|---------------------|-----------------------|
| 11 | 2 | 10 | |
| 12 | 4 | 15 | |
| 13 | 5 | 20 | |
| 14 | 8 | 5 | |
| 15 | 10 | 4 | |

По заданным параметрам рассчитать коэффициент усиления

| Вариант | K | Rb, кОм | Roc, кОм |
|---------|---|---------|----------|
| 16 | | 10 | 25 |
| 17 | | 15 | 40 |
| 18 | | 20 | 80 |
| 19 | | 5 | 30 |
| 20 | | 4 | 20 |

2.1.2. Экспериментальное исследование.

Собрать схему в соответствии с заданным вариантом и расчетными параметрами.

Подать на вход усилителя синусоидальный сигнал частотой 1 кГц.

Определить коэффициент усиления.

Сравнить его с расчетным.

Схему, результаты измерения и выводы поместить в отчет.

2.2. Исследование интегрирующего усилителя

2.2.1. Собрать схему интегрирующего усилителя.

| Вариант | R, кОм | C, нФ |
|---------|--------|-------|
| 1 | 2 | 10 |
| 2 | 4 | 10 |
| 3 | 6 | 10 |
| 4 | 8 | 10 |
| 5 | 2 | 20 |
| 6 | 4 | 20 |
| 7 | 6 | 20 |
| 8 | 8 | 20 |
| 9 | 2 | 30 |
| 10 | 4 | 30 |
| 11 | 6 | 30 |
| 12 | 8 | 30 |
| 13 | 2 | 40 |
| 14 | 4 | 40 |
| 15 | 6 | 40 |
| 16 | 8 | 40 |
| 17 | 10 | 10 |
| 18 | 5 | 20 |
| 19 | 3 | 30 |
| 20 | 1 | 40 |

2.2.2. Подать на вход синусоидальное напряжение амплитудой 100 мВ. Изменяя частоту сигнала, снять зависимость выходного напряжения и сдвига фазы

| F, Гц | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| U _{вых} , мВ | | | | | |
| φ, рад | | | | | |

2.2.3. Получить осциллограммы выходного напряжения при подаче на вход сигналов сложной формы: "несимметрическая пила", "симметрическая пила", "мейндр".

Объяснить полученные результаты.

2.3. Исследование дифференцирующего усилителя

2.3.1. Собрать схему дифференцирующего усилителя с параметрами, приведенными в таблице. Провести исследования аналогичные п.п.2.2.2 и 2.2.3.

Типовые задания для практических занятий

Раздел 2. Основы алгебры логики

Практическое занятие №1. Минимизация логических функций.

1-1. В таблице приведены амплитудные значения синусоидальных сигналов на входе и выходе усилителя. Определить коэффициент усиления по напряжению (дБ).

| | Вход | Выход |
|---|--------|-------|
| U | 10 мВ | 1 В |
| I | 100 мА | 1 мА |

Типовые тестовые задания для текущего контроля

Раздел 1. Параметры и характеристики усилителей

1-1. Укажите верные выражения для коэффициентов передачи

$$1) K_u(dB) = 20 \lg \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} \quad 2) K_u(dB) = 10 \lg \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}$$

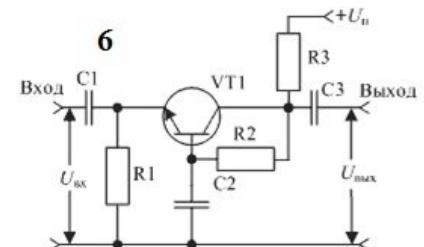
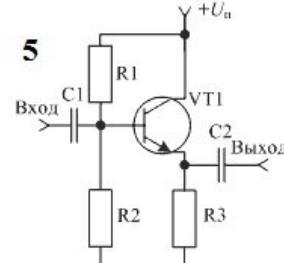
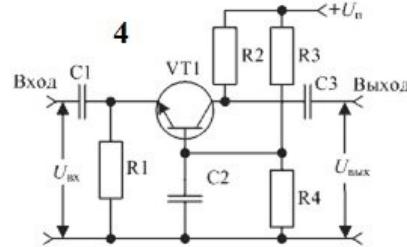
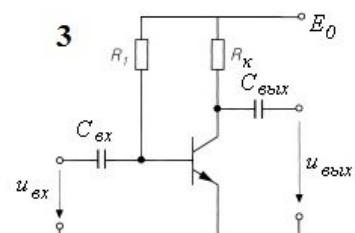
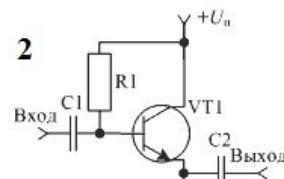
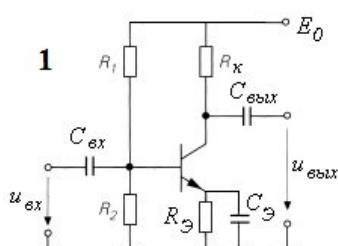
$$3) K_I(dB) = 20 \lg \frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}} \quad 4) K_I(dB) = 10 \lg \frac{I_{\text{вых}}}{I_{\text{вх}}}$$

$$5) K_P(dB) = 20 \lg \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} \quad 6) K_P(dB) = 10 \lg \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}}$$

- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4
- Д) 5
- Е) 6

Раздел 2. Усилительный каскад ОЭ

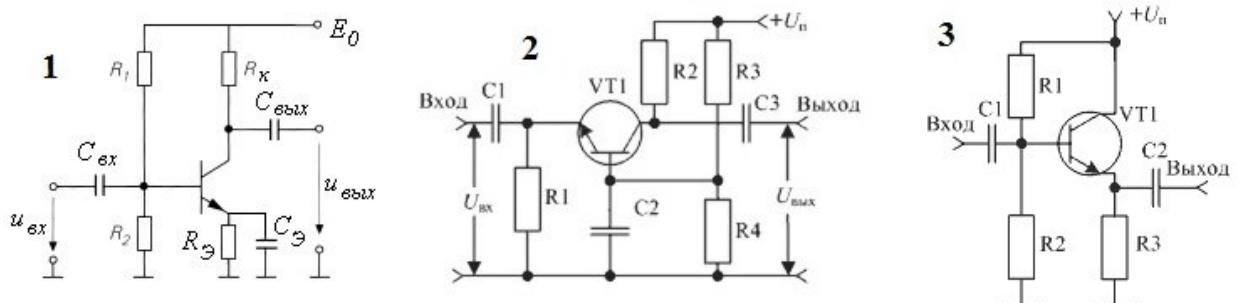
2-1 Укажите схему(ы) каскада с общим эмиттером.



- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4
- Д) 5
- Е) 6

Раздел 3. Усилительные каскады ОК и ОБ

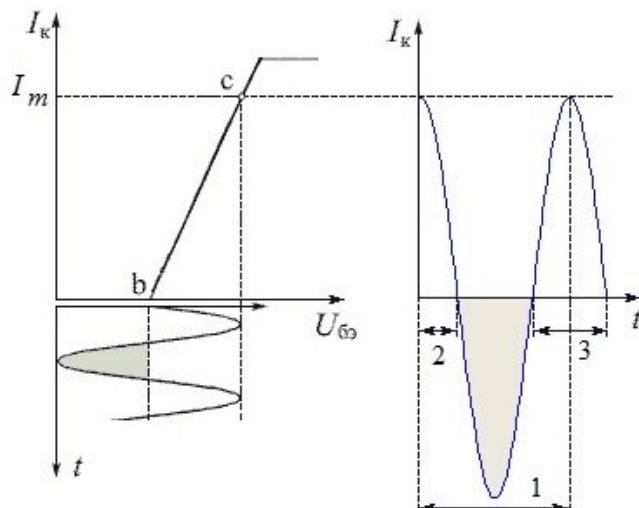
3-1. Каскад с минимальным коэффициентом усиления по току.



- А) 1
Б) 2
В) 3

Раздел 4. Классы усилителей

4-1. На временной диаграмме углу отсечки соответствует отрезок.



- А) 1
Б) 2
В) 3

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе промежуточной аттестации

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

- Параметры усилителей
- Характеристики усилителей
- Нелинейные искажения в усилителях
- Усилительный режим класса А
- Усилительный режим класса В
- Усилительный режим класса С
- Усилитель с общим эмиттером
- Усилитель с общим коллектором
- Усилитель с общей базой
- Частотные характеристики усилителей на биполярных транзисторах
- Обратные связи в усилителях
- Влияние обратных связей на характеристики усилителей
- Трансформаторный усилитель мощности класса А
- Трансформаторный усилитель мощности в режимах В и АВ
- Бестрансформаторные усилители мощности

16. Операционный усилитель. Параметры идеального ОУ
17. Основная инвертирующая схема включения ОУ
18. Суммирующий усилитель на ОУ
19. Основная неинвертирующая схема включения ОУ
20. Повторитель на ОУ
21. Преобразователь тока в напряжение на ОУ
22. Дифференциальный усилитель
23. Интегратор на ОУ
24. Дифференцирующий усилитель на ОУ
25. Компаратор
26. Принцип действия автогенераторов Условия баланса фаз и баланса амплитуд
27. LC-автогенераторы
28. RC-автогенератор
29. Мультивибратор на транзисторах
30. Мультивибратор на ОУ

Перечень заданий для подготовки к экзамену

1-1. В таблице приведены амплитудные значения синусоидальных сигналов на входе и выходе усилителя. Определить коэффициент усиления по напряжению (дБ).

| | Вход | Выход |
|---|--------|-------|
| U | 10 мВ | 1 В |
| I | 100 мА | 1 мА |

1-2. В таблице приведены амплитудные значения синусоидальных сигналов на входе и выходе усилителя. Определить коэффициент усиления по току (дБ).

1-3. В таблице приведены амплитудные значения синусоидальных сигналов на входе и выходе усилителя. Определить коэффициент усиления по мощности (дБ).

1-4. В таблице приведены действующие значения синусоидальных сигналов на входе и выходе усилителя. Определить коэффициент усиления по напряжению (дБ).

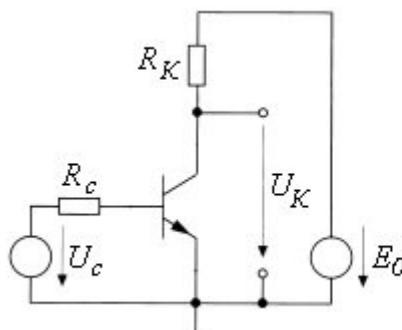
1-5. В таблице приведены действующие значения синусоидальных сигналов на входе и выходе усилителя. Определить коэффициент усиления по току (дБ).

1-6. В таблице приведены действующие значения синусоидальных сигналов на входе и выходе усилителя. Определить коэффициент усиления по мощности (дБ).

| Вариант | Гармоники | | | |
|---------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 200 | 7 | $\sqrt{10}$ | $\sqrt{5}$ |
| 2 | 100 | 4 | 3 | 0 |
| 3 | 100 | $\sqrt{10}$ | 2 | $\sqrt{2}$ |
| 4 | 100 | $\sqrt{20}$ | 4 | $\sqrt{13}$ |
| 5 | 50 | $\sqrt{11}$ | $2\sqrt{2}$ | $\sqrt{6}$ |
| 6 | 50 | 5 | $\sqrt{6}$ | $\sqrt{5}$ |

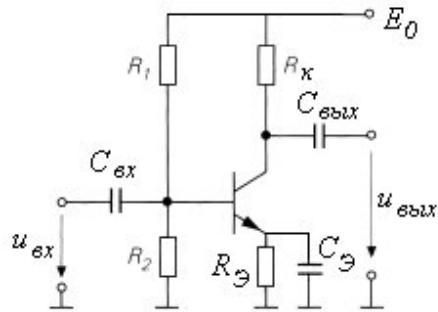
1-7. В таблице приведены амплитуды гармоник на выходе усилителя (В). Определить коэффициент гармоник (%) для заданного варианта.

R2-6



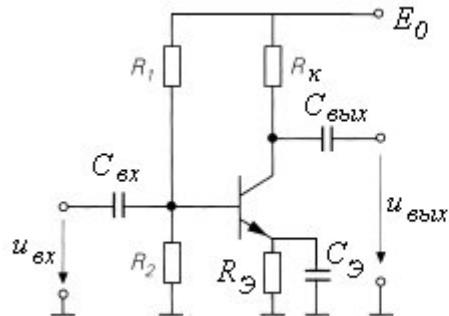
| Вар. | $h_{21\beta}$ | $R_K, \text{ком}$ | $R_C, \text{Ом}$ |
|------|---------------|-------------------|------------------|
| 1 | 50 | 1 | 200 |
| 2 | 60 | 1,5 | 400 |
| 3 | 70 | 2 | 500 |
| 4 | 80 | 1 | 400 |
| 5 | 90 | 0,5 | 300 |
| 6 | 100 | 1,25 | 500 |

2-1...6. Параметры усилительного каскада ОЭ приведены в таблице. Определить коэффициент усиления по напряжению для заданного варианта.



| Вар. | $r_{\text{Э}}$ | $h_{21\text{Э}}$ | $R_1, \text{k}\Omega$ | $R_2, \text{k}\Omega$ |
|------|----------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 20 | 50 | 2 | 10 |
| 2 | 25 | 60 | 3 | 15 |
| 3 | 30 | 70 | 4 | 20 |
| 4 | 35 | 80 | 2 | 25 |
| 5 | 40 | 90 | 3 | 30 |
| 6 | 15 | 100 | 4 | 35 |

2-7...12. Параметры усилительного каскада ОЭ приведены в таблице. Определить входное сопротивление каскада (Ом) без учета базового делителя для заданного варианта.



| Вар. | $R_{\text{ВХЭ}}$ | $R_1, \text{k}\Omega$ | $R_2, \text{k}\Omega$ |
|------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 1020 | 2 | 10 |
| 2 | 1525 | 3 | 15 |
| 3 | 2130 | 4 | 20 |
| 4 | 2835 | 2 | 25 |
| 5 | 3640 | 3 | 30 |
| 6 | 1515 | 4 | 35 |

2-13...18. В таблице приведены значения входного сопротивления каскада (Ом) без учета базового делителя. Рассчитать входное сопротивление с учетом базового делителя для заданного варианта.

5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине

Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине «Схемотехника» состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).

2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, задания в п. 5.2.2).

Для элементов компетенции ОПК-4, ПКС-1 и ПКС-2, формируемых в рамках дисциплины, приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.3).

Таблицы 5.4 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

| Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов | | | | Методы оценивания |
|---|--|--|---|---|---|
| | 1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно» | 2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно» | 3 критерий – хорошее усвоение «хорошо» | 4 критерий – отличное усвоение «отлично» | |
| ОПК-4 ИОПК-4.4 | | | | | |
| ЗНАТЬ Современные программные средства схемотехнического проектирования и моделирования. | Отсутствие усвоения знаний | Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания | На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания | Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность | Тестирование Промежуточная аттестация |
| УМЕТЬ Планировать и проводить компьютерные эксперименты. Оформлять конструкторско-технологическую документацию, используя средства современных информационных технологий. | Не демонстрирует умения | Не уверенно демонстрирует умения | Достаточно уверенно демонстрирует умения | Отлично демонстрирует умения | Выполнение ПЗ Промежуточная аттестация |
| ВЛАДЕТЬ Практическими навыками использования современных программных средств при проектировании аналоговых радиоэлектронных средств. | Не демонстрирует навыки | Не уверенно демонстрирует навыки | Достаточно уверенно демонстрирует навыки | Отлично демонстрирует самостоятельные навыки | Выполнение ПЗ |
| ПКС-1 ИПКС-1.2 | | | | | |
| ЗНАТЬ Актуальную научно-техническую и патентную литературу по тематике исследований и разработок | Отсутствие усвоения знаний | Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания | На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания | Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность | Тестирование Промежуточная аттестация |
| УМЕТЬ Формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронных устройств и систем. | Не демонстрирует умения | Не уверенно демонстрирует умения | Достаточно уверенно демонстрирует умения | Отлично демонстрирует умения | Выполнение ПЗ Промежуточная аттестация |
| ВЛАДЕТЬ Навыками самостоятельного поиска и анализа специальной научно-технической литературы по тематике исследований и разработок. | Не демонстрирует навыки | Не уверенно демонстрирует навыки | Достаточно уверенно демонстрирует навыки | Отлично демонстрирует самостоятельные навыки | Выполнение ПЗ |

| Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов | | | | Методы оценивания |
|--|--|--|---|---|---|
| | 1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно» | 2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно» | 3 критерий – хорошее усвоение «хорошо» | 4 критерий – отличное усвоение «отлично» | |
| ПКС-2 ИПКС-2.1 | | | | | |
| ЗНАТЬ Основы аналоговой схемотехники. Современную элементную базу. Современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, задач. Последовательность и техника проведения измерений, наблюдений и экспериментов. Действующие нормативные требования и государственные стандарты. Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники. | Отсутствие усвоения знаний | Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания | На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания | Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность | Тестирование Промежуточная аттестация |
| УМЕТЬ Осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования узлов и блоков аналоговых устройств. Осуществлять расчет основных показателей качества радиоэлектронной системы . | Не демонстрирует умения | Не уверенно демонстрирует умения | Достаточно уверенно демонстрирует умения | Отлично демонстрирует умения | Выполнение ПЗ Промежуточная аттестация |
| ВЛАДЕТЬ Навыками расчета всех необходимых показателей схемы радиоэлектронного устройства; разработки принципиальной схемы радиоэлектронного устройства и отдельных его деталей и узлов; выбора типа элементов с учетом технических требований, экономической целесообразности и предполагаемой технологии его изготовления. | Не демонстрирует навыки | Не уверенно демонстрирует навыки | Достаточно уверенно демонстрирует навыки | Отлично демонстрирует самостоятельные навыки | Выполнение ПЗ |

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

- 6.1.1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12_е изд. Том I: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 832 с.
- 6.1.2. Громыко А. И. Г83 Схемотехника аналоговых электронных устройств. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / А. И. Громыко, А. Г. Григорьев, В. Д. Скачко. – Электрон. дан. (4 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2008.
- 6.1.3. Нефёдов В.И. Основы радиоэлектроники: учеб. для вузов. – М.: В.Ш., 2000.

6.2 Дополнительная литература

- 6.2.1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ. - Изд. 2-е. - М.: Издательство БИНОМ . - 2014. - 704 с.
- 6.2.1. Хвостов В.А. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Схемотехника аналоговых электронных устройств» для направлений подготовки 210400 - «Радиотехника»- Брянск: БГТУ, 2015.

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.3.1 Методические указания и задания к практическим занятиям по дисциплине «Схемотехника». Рекомендованы заседанием кафедры «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» АПИ НГТУ, протокол №6 от 25.05.2021г.

6.3.2 Методические указания и задания к лабораторным работам по дисциплине «Схемотехника». Рекомендованы заседанием кафедры «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» АПИ НГТУ, протокол №6 от 25.05.2021г.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: www.iprbookshop.ru.

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

7.2.1 Proteus v.7.0.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

| | |
|--|---|
| Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ | Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования |
| ЭБС «IPRbooks» | Специальное мобильное приложение IPR BOOKS WV-Reader |
| ЭБС «Лань» | Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации |

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине

| Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы | Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы |
|--|--|
| 317 - Лаборатория "Компьютерный класс" г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19 | 13 компьютеров с установленным программным обеспечением мультимедийный проектор экран для проектора |
| 316 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19 | рабочих мест студента – 26 шт; ПК, с выходом на дисплей LG - 1 шт. ПК с подключением к интернету -5шт. |

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины, используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для практических занятий находятся в свободном доступе в СДО MOODLE на странице курса и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2.

10.2 Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Практические (семинарские) занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков в рамках материалу дисциплины.

Приводятся конкретные методические указания для обучающихся по выполнению работ, требования к их оформлению, порядок сдачи.

10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

10.6 Методические указания по обеспечению образовательного процесса

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF.

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF.

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatiij-s-primeneniem-interakt.pdf.

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf.

**Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины
на 20____/20____ уч. г.**

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
Глебов В.В.
«____» 20____ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный
год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от _____ № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) _____ (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от _____ № _____

Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Согласовано:

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)