

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Волжский государственный университет водного транспорта"**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б.1.О.Д25 Электроника и схемотехника

Профиль	Безопасность автоматизированных систем на транспорте (по видам)
Институт	экономики, управления и права
Кафедра	Кафедра радиоэлектроники
Специальность	10.05.03 Информационная безопасность автоматизированных систем

1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов/зачетных единиц	Семестры	
		6	7
Лекции	68 Часы	34	34
СРС	91 Часы	42	49
Лабораторные работы	68 Часы	68	
Практические занятия	34 Часы		34
Экзамен	63 Часы	36	27

2. Место дисциплины в структуре ООП

Код дисциплины	Наименование блока	Трудоемкость дисциплины, з.е.
Б.1.О.Д25	Блок 1 Дисциплины (модули) (Обязательная часть)	9

3. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	СРС	Лабораторные работы	Практические занятия	Экзамен	Всего
1	Раздел 1. Основы физики полупроводниковых приборов Основы физики полупроводниковых приборов, анализ физических явлений и процессов, применение соответствующего математического аппарата для формализации и решения профессиональных задач						
1,1	Тема 1.1. Зонная теория Зонная теория твердых тел, структура и типы проводимости полупроводников, распределение электронов по энергетическим уровням.	2 Часы	2 Часы				4 Часы
1,2	Тема 1.2. Процессы переноса заряда в полупроводниках Процессы переноса заряда в полупроводниках, закон действующих масс, принцип нейтральности полупроводника.	2 Часы	3 Часы				5 Часы
1,3	Тема 1.3. Примесная электропроводность полупроводников Примесная электропроводность полупроводников, донорные и акцепторные примеси, процессы переноса заряда в полупроводниках, закон действующих масс, принцип нейтральности полупроводника.	2 Часы	5 Часы				7 Часы
1,4	Тема 1.4. Виды пробоев р-п перехода. Электрические переходы, электронно-дырочный переход, вентильное свойство р-п перехода, вольт-амперная характеристика р-п перехода .	4 Часы	10 Часы				14 Часы
2	Раздел 2. Полупроводниковые приборы Полупроводниковые приборы						
2,1	Тема 2.1. Полупроводниковые диоды Диоды выпрямительные	2 Часы	5 Часы				7 Часы
2,11	Лабораторная работа 1. Изучение характеристик р-п переходов, получение навыков работы с аппаратурой, правил эксплуатации и обслуживания. Подготовка.			2 Часы			2 Часы
2,12	Лабораторная работа 1. Выполнение			4 Часы			4 Часы

2,13	Лабораторная работа 1. Отчет, защита			4 Часы			4 Часы
2,2	Тема 2.2. Полупроводниковые диоды, их виды. Стабилитроны и др. виды.	2 Часы					2 Часы
2,21	Лабораторная работа 2. Стабилитроны. Изучение характеристик р-п переходов, получение навыков работы с аппаратурой, правил эксплуатации и обслуживания.			4 Часы			4 Часы
2,22	Лабораторная работа 2. Выполнение. Собеседование по результатам работы			4 Часы			4 Часы
2,3	Тема 2.3. Биполярные транзисторы . Виды, принцип работы, характеристики	2 Часы	10 Часы				12 Часы
2,4	Биполярные транзисторы режимы работы, способы включения, свойства	2 Часы					2 Часы
2,41	Лабораторная работа 3. Изучение характеристик биполярных транзисторов,			2 Часы			2 Часы
2,42	Лабораторная работа 3. Получение навыков работы с аппаратурой,			2 Часы			2 Часы
2,43	Лабораторная работа 3. Проведение исследований.			2 Часы			2 Часы
2,44	Лабораторная работа 3. Выполнение работы.			2 Часы			2 Часы
2,45	Лабораторная работа 3. Оформление отчета			2 Часы			2 Часы
2,46	Лабораторная работа 3. Изучение характеристик биполярных транзисторов, получение навыков работы с аппаратурой, правил эксплуатации и обслуживания. Защита работы			2 Часы			2 Часы
2,5	Тема 2.5. Полевые транзисторы Принцип действия и основные свойства.	2 Часы	2 Часы				4 Часы
2,51	Лабораторная работа 4. Изучение программы Multisim для создания схемы исследования.			2 Часы			2 Часы
2,52	Лабораторная работа 4. Изучение характеристик полевого транзистора,			2 Часы			2 Часы
2,53	Лабораторная работа 4. Выполнение работы.			2 Часы			2 Часы
2,54	Лабораторная работа 4. Выполнение отчета и защита работы.			2 Часы			2 Часы
2,6	Тема 2.6. Полевые транзисторы Физические процессы в МДП- структурах, параметры МДП-транзисторов, сравнение МДП и биполярного транзисторов, комбинированные транзисторы.	2 Часы	5 Часы				7 Часы
2,7	Тема 2.7. Виды тиристоров Тиристоры, диодные тиристоры, триодные тиристоры.	2 Часы					2 Часы
2,8	Тема 2.8. Тиристоры Тиристоры, способы запирания, основные параметры и области применения тиристоров.	2 Часы					2 Часы
3	Раздел 3. Элементы полупроводниковой схемотехники. Элементы полупроводниковой схемотехники.						
3,1	Тема 3.1. Оптоэлектронные устройства . Полупроводниковые приборы на основе внешнего фотоэффекта.	2 Часы					2 Часы
3,2	Тема 3.2. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы. Фотоэлектрические приборы на основе внутреннего фотоэффекта.	2 Часы					2 Часы
3,3	Тема 3.3. Интегральные схемы Интегральные схемы, принципы построения, элементы интегральных микросхем.	2 Часы					2 Часы
3,4	Тема 3.4. Интегральные схемы Интегральные схемы, элементы и компоненты гибридных микросхем, система обозначений и степень интеграции, микросхемы СБИС.	2 Часы					2 Часы
4	Раздел 4. Вторичные источники питания Устройства электропитания электронных схем. Преобразователи.						
4,1	Тема 4.1. Электронные выпрямители. и стабилизаторы Выпрямители, фильтры и стабилизаторы	2 Часы					2 Часы
4,11	Лабораторная работа 5. Выпрямители. Исследование выпрямителей. Допуск к работе			2 Часы			2 Часы
4,12	Лабораторная работа 5. Выпрямители. Исследование выпрямителей. Выполнение.			2 Часы			2 Часы
4,13	Лабораторная работа 5. Выпрямители. Исследование выпрямителей. Оформление отчета.			2 Часы			2 Часы
4,14	Лабораторная работа 5. Выпрямители. Исследование выпрямителей. Защита			2 Часы			2 Часы
4,2	Лабораторная работы № 6. Электронные усилители Усилители мощности			6 Часы			6 Часы

4,3	Лабораторная работа № 7. Электронные усилители. Усилитель напряжения			2 Часы			2 Часы
4,31	Лабораторная работа № 7. Электронные усилители. Усилитель напряжения, выполнение.			2 Часы			2 Часы
4,32	Лабораторные работы № 7. Электронные усилители, Усилитель напряжения, выполнение. Расчеты.			2 Часы			2 Часы
4,33	Лабораторная работа № 7. Электронные усилители. Отчет, защита			2 Часы			2 Часы
4,4	Лабораторная работы № 8. Изучение схем на операционных усилителях. Схемы включения операционных усилителей			2 Часы			2 Часы
4,41	Лабораторные работы № 8. Изучение схем на операционных усилителях. ОУ. Параметры и характеристики.			2 Часы			2 Часы
4,5	Лабораторная работа №9. Цифровые сигналы, логические элементы.			2 Часы			2 Часы
4,51	Лабораторная работа №9. Дешифраторы			2 Часы			2 Часы
5	Раздел 5. Практические работы						
5,1	Практическая работа № 1. Расчет однофазного выпрямителя , получение навыков работы с пакетом Multisim.				2 Часы		2 Часы
5,2	Практическая работа № 2. Расчет стабилизатора, получение навыков работы с пакетом Multisim.				4 Часы		4 Часы
5,3	Практическая работа № 3. Расчет транзисторного усилителя				6 Часы		6 Часы
5,4	Практическая работа № 4. Расчет усилителя на ОУ				4 Часы		4 Часы
5,5	Практическая работа № 5. Разработка комбинационного устройства				6 Часы		6 Часы
5,6	Практическая работа № 6. Расчет преобразователя кода				6 Часы		6 Часы
5,7	Практическая работа № 7. Логические элементы				2 Часы		2 Часы
5,8	Практическая работа № 8. ЦАП, АЦП				4 Часы		4 Часы
6	Раздел 6. Электронные усилители, применение знаний в области электроники и схемотехники, технологий, методов и языков программирования, технологий связи и передачи данных при разработке программно-аппаратных компонентов защищенных автоматизированных систем в сфере профессиональной деятельности Электронные усилители, применение знаний в области электроники и схемотехники, технологий, методов и языков программирования, технологий связи и передачи данных при разработке программно-аппаратных компонентов защищенных автоматизированных систем в сфере профессиональной деятельности						
6,1	Тема 6.1. Классификация усилителей, Классификация усилителей, параметры и характеристики.	2 Часы	5 Часы				7 Часы
6,2	Тема 6.2. Обратные связи в усилителях Обратные связи в усилителях , режимы работы.	2 Часы					2 Часы
6,3	Тема 6.3. Транзисторные усилители. Усилители напряжения и мощности	2 Часы					2 Часы
6,4	Тема 6.4. Операционные усилители Схемы включения ОУ	2 Часы	4 Часы				6 Часы
7	Раздел 7. Генераторы и импульсные устройства Генераторы и импульсные устройства						
7,1	Тема 7.1. Генераторы синусоидальных колебаний Условия генерации.	2 Часы	5 Часы				7 Часы
7,2	Тема 7.2. Компараторы и электронные ключи Типовые схемы	4 Часы	5 Часы				9 Часы
8	Раздел 8. Основы цифровой электроники Основы цифровой электроники, применение знаний в области электроники и схемотехники, технологий, методов и языков программирования, технологий связи и передачи данных при разработке программно-аппаратных компонентов защищенных автоматизированных систем в сфере профессиональной деятельности						
8,1	Тема 8.1.Цифровые сигналы, логические элементы Цифровые сигналы, логические элементы	2 Часы	5 Часы				7 Часы

8,2	Тема 8.2. Дешифраторы и шифраторы, мультиплексоры и демультиплексоры Дешифраторы и шифраторы, мультиплексоры и демультиплексоры	2 Часы	5 Часы				7 Часы
8,3	Тема 8.3. Триггеры. Триггеры.	2 Часы	5 Часы				7 Часы
8,4	Тема 8.4. Счетчики импульсов Счетчики импульсов	2 Часы					2 Часы
8,5	Тема 8.5. Регистры Регистры	2 Часы					2 Часы
8,6	Тема 8.6. Полупроводниковые запоминающие устройства Полупроводниковые запоминающие устройства	2 Часы	5 Часы				7 Часы
8,7	Тема 8.7. Цифро-аналоговые преобразователи Цифро-аналоговые преобразователи	2 Часы	5 Часы				7 Часы
8,8	Тема 8.8. Аналого-цифровые преобразователи Аналого-цифровые преобразователи	2 Часы					2 Часы
9	Раздел 9. Микропроцессоры и микроЭВМ Микропроцессоры и микроЭВМ						
9,1	Тема 9.1 Микропроцессоры, однокристальные микроЭВМ Микропроцессоры, однокристальные микроЭВМ, применение знания в области электроники и схемотехники, технологий, методов и языков программирования, технологий связи и передачи данных при разработке программно-аппаратных компонентов защищенных автоматизированных систем в сфере профессиональной деятельности	2 Часы	5 Часы				7 Часы

4. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие у обучающегося следующих компетенций:

№ п/п	компетенции	Индикатор достижения		
		Знать	Уметь	Владеть
1	Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроселекционной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.3.1 основы и принципы построения различных аналоговых и цифровых электронных элементов и устройств, используемых в автоматизированных системах, промышленных установках и технологических комплексах	ОПК-4.У.1 уметь решать стандартные профессиональные задачи с применением методов математического анализа и моделирования	ОПК-4.В.1 способами анализа и синтеза электронных устройств для обеспечения информационной безопасности на объектах водного транспорта

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие у обучающегося следующих требуемых Международной конвенцией о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года стандартов компетентности:

№ п/п	Таблица	Функция	Сфера компетентности
1			

5. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение программы

5.1 Помещения и оборудование

№ п/п	Вид помещений	Оснащение помещений	№ помещений
1	Учебные аудитории для проведения учебных занятий	оборудование и технические средства обучения (Стол аудиторный (18 ед.); Стул (41 ед.); Доска IPBoard DTV TQ092 (интерактивная) (1 ед.); Набор колонок звуковых (1 ед.); Ноутбук LenovoThinkPad (1 ед.); Телевизор плазменный Samsung 50 ' (1 ед.); Проигрыватель DVD LG (ед.); Проектор Acer H6517ST, белый (1 ед.) (881) Стол аудиторный (11 ед.); Стол рабочий (11 ед.); Стул (35 ед.); Доска аудиторная (2 ед.); Блок питания (8 ед.); Генератор (8 ед.); Осциллограф (8 ед.); Принтер (1 ед.); Компьютер (9 ед.); Стенд лабораторный "Электроника" (2 ед.); Интерактивная доска (1 ед.); Проектор (1 ед.) (979)	881,979
2	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечение доступа в электронную информационно-образовательную среду университета	979

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

№ п/п	Наименование
1	Microsoft Office Professional Plus 2016 (Договор №44/109-15 от 28.12.2015 (бессрочно))
2	Microsoft Office ProPlus 2013 (Договор №44/59-18 от 09.04.2018 (бессрочно))

5.3 Карта обеспеченности печатными и(или) электронными изданиями и электронными образовательными ресурсами

№ п/п	Наименование источника	Год издания	Ресурс	Количество экземпляров
1	Крайнова, В.В. Методические указания по организации и выполнению внеаудиторной (самостоятельной) работы [Электронный ресурс] : для преподавателей и студ. по направлениям подготовки (спец.) высш.и сред.проф.образования / В. В. Крайнова ; ВГУВТ. - Н.Новгород, 2018. - 1 текст/файл. - Авторский вариант. – Режим доступа: http://94.100.87.24:8080/MarcWeb/Tmp/f15520.pdf	2 018	Электронный ресурс	0
2	Лебедева, С.В.;Физические основы электроники и схемотехника аналоговых устройств;учебно-метод.пособие по выполн.лабор.работ для студ.подготовки:26.05.07-65, 25.05.03-65;Лебедева, С.В.Мерзляков, В.И.-Н.Новгород,ВГУВТ; <null> ;	2 017	Текст	49
3	Лебедева, С.В.;Физические основы электроники и схемотехника аналоговых устройств;учебно-метод.пособие по выполн.лабор.работ для студ.подготовки 26.05.07-65, 25.05.03-65;Лебедева, С.В.Мерзляков, В.И.-Н.Новгород,<null>; <null> ; http://94.100.87.24:8080/marcweb/	2 017	Электронный ресурс	0
4	Смирнов, Ю.А.;Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники;учебное пособие;Смирнов, Ю.А.Соколов, С.В.Титов, Е.В.-Санкт-Петербург,Лань; URL: https://reader.lanbook.com/book/211292#1 (дата обращения: 19.05.2022) ;<null>	2 022	Электронный ресурс	0
5	Ефимов, И.Е.;Основы микроэлектроники;учебник;Ефимов, И.Е.Козырь, И.Я.-Санкт-Петербург,Лань; URL: https://reader.lanbook.com/book/210218#1 (дата обращения: 20.05.2022) ;<null>	2 022	Электронный ресурс	0
6	Пасынков, В.В.;Полупроводниковые приборы;учебное пособие;Пасынков, В.В.Чиркин, Л.К.-Санкт-Петербург,Лань; URL: https://reader.lanbook.com/book/210338#1 (дата обращения: 17.05.2022) ;<null>	2 022	Электронный ресурс	0
7	Ножиков, О.П.;Электроника и схемотехника;учебник для вузов:В 2 частях;Ножиков, О.П.-Москва,Юрайт; URL: https://urait.ru/viewer/elektronika-i-shemotekhnika-v-2-ch-chast-1-512849#page/1 (дата обращения: 12.04.2023) ;<null>	2 023	Электронный ресурс	0
8	Ножиков, О.П.;Электроника и схемотехника;учебник для вузов:В 2 частях;Ножиков, О.П.-Москва,Юрайт; URL: https://urait.ru/viewer/elektronika-i-shemotekhnika-v-2-ch-chast-2-512850#page/1 (дата обращения: 11.04.2023) ;<null>	2 023	Электронный ресурс	0
9	Миленина, С.А.;Электротехника, электроника и схемотехника;учебник и практикум для вузов;Миленин, Н.К.Миленина, С.А.-Москва,Юрайт; URL: https://urait.ru/viewer/elektrotehnika-elektronika-i-shemotekhnika-511199#page/1 (дата обращения: 12.04.2023) ;<null>	2 023	Электронный ресурс	0
10	Миленина, С.А.;Электротехника и схемотехника;учебник и практикум для вузов;Миленин, Н.К.Миленина, С.А.-Москва,Юрайт; URL: https://urait.ru/viewer/elektronika-i-shemotekhnika-514159#page/1 (дата обращения: 11.04.2023) ;<null>	2 023	Электронный ресурс	0
11	Ножиков, О.П.;Схемотехника радиоприемных устройств;учебное пособие для вузов;Ножиков, О.П.-Москва,Юрайт; URL: https://urait.ru/viewer/shemotekhnika-radiopriemnyh-ustroystv-514088#page/1 (дата обращения: 12.04.2023) ;<null>	2 023	Электронный ресурс	0

Программа предусматривает возможность применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Электронная информационно-образовательная среда университета с возможностью доступа к информационно- телекоммуникационной сети "Интернет" - Режим доступа: <http://www.eios.vsuwt.ru/>.

5.4 Современные профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование
1	Статистический сборник: Транспорт в России- Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1136983505312
2	Центральная база статистических данных - Режим доступа: http://cbsd.gks.ru/

5.5 Информационные справочные системы

№ п/п	Наименование
1	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: http://www.consultant.ru (договор от 02.02.2015 г.)
2	Справочная правовая система «Гарант» - Режим доступа: http://www.garant.ru (договор 62/16 от 01.09.2016 г. - бессрочный)
3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» - Режим доступа: http://www.consultant.ru (договор от 02.02.2015 г.)
4	Справочная правовая система «Гарант» - Режим доступа: http://www.garant.ru (договор 62/16 от 01.09.2016 г. - бессрочный)

6. Оценочные и методические материалы

Оценочные и методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, являются приложением к программе.

№ п/п	Индикатор достижения компетенций	Сфера компетентности (МК ПДНВ)	Контролируемые разделы (темы)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения		Процедура оценивания	Критерии оценивания результата обучения и шкала оценивания			
				Вид контроля	Форма контроля		2	3	4	5
							не зачтено	зачтено		
1	ОПК-4.3.1, ОПК-4.У.1, ОПК-4.В.1		2.1,2.2, 2.4, 2.5, 4.1-4.5	Текущий контроль	Лабораторная работа	Лабораторные работы 1-9. Собеседование по результатам работы	Работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно	Работа выполнена не полностью, но объем выполненной части позволяет получить правильные результаты и выводы, если в ходе проведения опыта, измерений, вычислений и наблюдений были допущены ошибки	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов, измерений, вычислений и наблюдений; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; но допускает несколько недочетов, оформление отчета согласно установленным требованиям; при защите отчета обучающийся ответил в основном на все контрольные вопросы	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов, измерений, вычислений и наблюдений; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; оформление отчета согласно установленным требованиям; при защите отчета обучающийся ответил на все контрольные вопросы

2	ОПК-4.3.1, ОПК-4.У.1, ОПК-4.В.1		1,2,3,4	Промежуточная аттестация	Экзамен	Экзамен 6 семестр, 2 теоретических вопроса. Время на подготовку - 30 мин.	Незнание или непонимание обучающимся основного материала; на большую часть вопросов по содержанию экзамена затрудняется дать ответ или не дает верных ответов	Знания имеют фрагментарный характер, отличаются поверхностностью и малой содержательностью; содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные вопросы билета; нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала	Знания имеют достаточный содержательный уровень, однако отличаются слабой структурированностью; раскрыто содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы; недостаточно раскрыта проблема по одному из вопросов билета	Знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные; обучающийся свободно владеет научными понятиями; логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете; обучающийся демонстрирует умение вести диалог и вступать в научную дискуссию
3	ОПК-4.3.1, ОПК-4.У.1, ОПК-4.В.1		5,6,7,8,9	Промежуточная аттестация	Экзамен	Экзамен 7 семестр, 2 теоретических вопроса. Время на подготовку - 30 мин.	Незнание или непонимание обучающимся основного материала; на большую часть вопросов по содержанию экзамена затрудняется дать ответ или не дает верных ответов	Знания имеют фрагментарный характер, отличаются поверхностностью и малой содержательностью; содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные вопросы билета; нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала	Знания имеют достаточный содержательный уровень, однако отличаются слабой структурированностью; раскрыто содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы; недостаточно раскрыта проблема по одному из вопросов билета	Знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные; обучающийся свободно владеет научными понятиями; логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете; обучающийся демонстрирует умение вести диалог и вступать в научную дискуссию
4	ОПК-4.3.1, ОПК-4.У.1, ОПК-4.В.1		все	Промежуточная аттестация	Итоговый тест	Итоговый тест. 10 вопросов.	0-49% правильных ответов	50-69% правильных ответов	70-89% правильных ответов	90-100% правильных ответов
5	ОПК-4.3.1, ОПК-4.У.1, ОПК-4.В.1			Текущий контроль	Собеседование	Собеседование	Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная	Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен. Могут быть допущены ошибки в определении основных понятий	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий. Могут быть допущены недочеты в определении понятий	Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Ответ формулируется с использованием терминологии, логичен, доказателен, демонстрируется собственная точка зрения обучающегося



Лабораторные и практические работы

«Электроника и схемотехника»

ОПК-4. Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-4.3.1 Знать основы и принципы построения различных аналоговых и цифровых электронных элементов и устройств, используемых в автоматизированных системах, промышленных установках и технологических комплексах

ОПК-4.У.1 Уметь решать стандартные профессиональные задачи с применением методов математического анализа и моделирования

ОПК-4.В.1 Владеть способами анализа и синтеза электронных устройств для обеспечения информационной безопасности на объектах водного транспорта

Лабораторная работа 1 Исследование полупроводниковых диодов

Целью работы является исследование полупроводниковых диодов при прямом и обратном включении, снятие вольт-амперных характеристик, определение основных параметров, приобретение навыков создания электрических схем, моделирования их работы, использования контрольно-измерительной аппаратуры.

Задания для выполнения

1. Записать маркировку исследуемого диода (марку диода спросить у преподавателя). По справочнику определить и записать в отчет основные параметры данного прибора (в т. ч. значения следующих параметров диода: предельно-допустимый постоянный прямой ток $I_{пр\ max}$; предельно-допустимое обратное напряжение $U_{обр\ max}$).

Нарисовать в отчет схему исследования полупроводникового диода.

Принципиальная электрическая схема исследования полупроводникового диода при прямом включении приведена на рисунке 17.

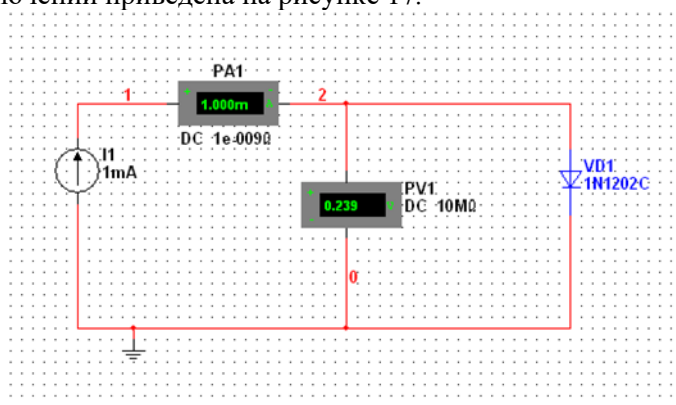


Рис. 17. Схема исследования диода при прямом включении

2. Схему измерений собирать с помощью пакета Multisim в соответствии с рис. 17 (значения номиналов элементов схем и марок диодов могут не совпадать с данными, приведенными на рисунках, т.к. на рисунках приведены примеры схем).

3. Задать несколько значений прямого тока источника $I1$, которые могут быть вычислены по выражениям, представленным во втором столбце таблицы 1. Для каждого установленного тока $I1$ измерить по показаниям вольтметра $PV1$ прямое напряжение. Результаты измерений занести в таблицу 2.

При оформлении таблицы в отчёте рекомендуется фиксировать значения токов и напряжений в тех единицах, которые являются наиболее оптимальными.

Таблица 1

Номер опыта	I_{np} , mA
1	$0.05 \cdot I_{np\max}$
2	$0.1 \cdot I_{np\max}$
3	$0.3 \cdot I_{np\max}$
4	$0.5 \cdot I_{np\max}$
5	$0.7 \cdot I_{np\max}$
6	$0.95 \cdot I_{np\max}$

Таблица 2

Прямая ветвь ВАХ диода (указать тип)							
U_{np} , В							
I_{np} , mA							

4. Снять зависимость обратного тока от обратного напряжения диода. Схему измерений собирать в соответствии с рис. 18.

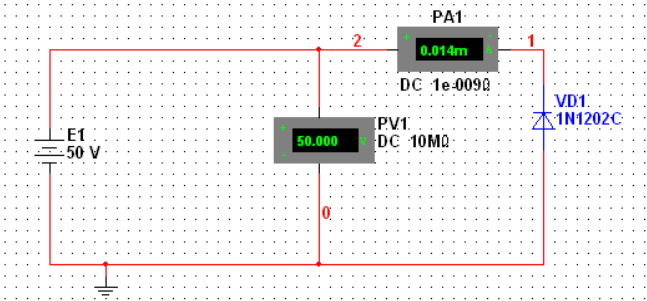


Рис. 18. Схема исследования полупроводникового диода при обратном включении.

Для этого задать несколько значений обратного напряжения с помощью источника $E1$, которые вычисляются по выражениям во 2-м столбце таблицы 3. Как и при измерении прямой ветви ВАХ, полученные значения являются рекомендуемыми.

Для каждого значения $U_{обр}$ измерить обратный ток с помощью амперметра $PA1$, измеренные величины зафиксировать в таблице 4.

5. По данным таблиц 2 и 4 на одних осях построить прямую и обратную ветви вольтамперной характеристики полупроводникового диода. Масштабы по осям токов и напряжений выбирать в соответствии с максимальными значениями этих величин в таблицах.

Таблица 3

Номер опыта	$U_{обр}$, В
1	$0.005 \cdot U_{обр\max}$
2	$0.01 \cdot U_{обр\max}$
3	$0.05 \cdot U_{обр\max}$
4	$0.07 \cdot U_{обр\max}$
5	$0.1 \cdot U_{обр\max}$
6	$0.5 \cdot U_{обр\max}$
7	$0.95 \cdot U_{обр\max}$

Таблица 4

Обратная ветвь ВАХ диода							
$U_{обр}$, В							
$I_{обр}$, мкА							

6. По данным таблиц 1 и 2 на одних осях построить прямую и обратную ветви вольтамперной характеристики полупроводникового диода. Масштабы по осям токов и напряжений для прямой и обратной ветвей выбирать одинаковыми.

7. Анализируя положение вольтамперных характеристик относительно осей координат, объяснить различие вида ВАХ полупроводникового диода при прямом и обратном включении. Записать выводы по работе.

Вопросы для допуска к работе

Что называют р-п переходом?

Что представляют собой прямая и обратная ветви вольтамперной характеристики выпрямительного диода?

Что является признаком пробоя р-п перехода?

Какие виды пробоя могут наблюдаться в р-п переходах?

Какие виды пробоя исследуются в лабораторной работе?

На одном графике построить обратные ветви вольтамперных характеристик р-п переходов с лавинным и туннельным видами пробоя.

Объяснить порядок и методику выполнения работы.

Контрольные вопросы и задания

1. Нарисовать структуру р-п перехода и под структурой графики распределения подвижных и неподвижных носителей заряда. Объяснить распределение зарядов в каждой области структуры.

Объяснить образование р-п перехода.

Что такое контактная разность потенциалов? Как она образуется в р-п переходе?

Как зависит положение ВАХ от ширины запрещенной зоны полупроводника?

Как влияет температура на величину контактной разности потенциалов?

Как и почему изменяется контактная разность потенциалов р-п перехода при подключении к нему прямого (обратного) напряжения?

Как и почему изменяется ширина р-п перехода при подключении к нему прямого (обратного) напряжения?

Почему в отсутствии внешнего напряжения ток через р-п переход равен нулю?

Какова величина и природа тока, протекающего через диод при прямом (обратном) включении?

На одних осях изобразить вольтамперные характеристики идеального и реального диодов. Объяснить, какие составляющие токов не учитывались при построении вольтамперных характеристик идеального р-п перехода.

Лабораторная работа 2 Исследование характеристик стабилитронов

Целью работы является исследование полупроводниковых опорных диодов (стабилитронов) при прямом и обратном включении, снятие вольт-амперных характеристик, определение основных параметров, приобретение навыков создания электрических схем, моделирования их работы, использования контрольно-измерительной аппаратуры.

Задания для выполнения

1. Записать в отчёт марку и основные параметры исследуемого стабилитрона:

- минимальный ток стабилизации $I_{\text{ст min}}$;
- максимальный ток стабилизации $I_{\text{ст max}}$;
- номинальное напряжение стабилизации $U_{\text{ст}}$;
- постоянный прямой ток $I_{\text{пр}}$.

2. Собрать схему для исследования прямой ветви стабилитрона (рис. 19).

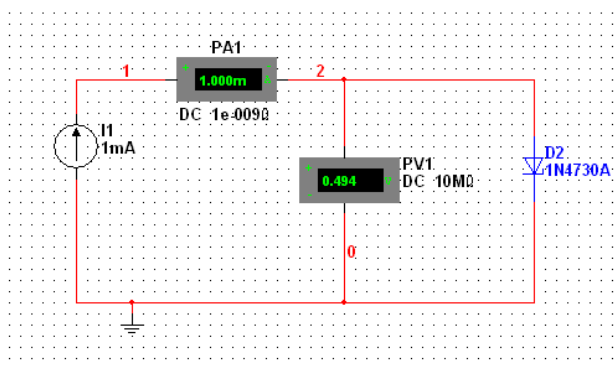


Рис. 19. Схема исследования прямой ветки стабилитрона

3. Измерить прямое напряжение при нескольких значениях тока $I_{пр}$, аналогично п. 3 при исследовании диода. Измеренные и установленные значения занести в таблицу 5.

Таблица 5

Прямая ветвь ВАХ стабилитрона							
$U_{пр}, В$							
$I_{пр}, мА$							

4. Собрать схему для исследования обратной ветви стабилитрона (рис. 20).

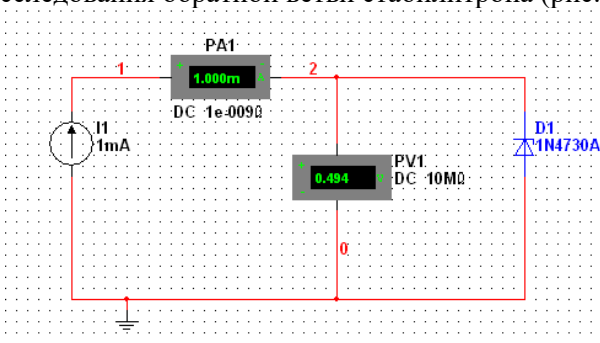


Рис. 20. Схема для исследования обратной ветви стабилитрона

5. Снять зависимость обратного тока от обратного напряжения для р-п перехода стабилитрона с одним из видов электрического пробоя. Исследование провести при значениях тока, равных $0,5 I_{ст min}$; $I_{ст min}$; $0,2 I_{ст max}$; $0,5 I_{ст max}$; $0,8 I_{ст max}$; $0,95 I_{ст max}$.

Результаты измерений занести в таблицу 6.

Таблица 6

Обратная ветвь ВАХ стабилитрона							
$U_{обр}, В$							
$I_{обр}, мА$							

6. По данным таблиц 5 и 6 на одних осях построить прямую и обратную ветви вольтамперной характеристики полупроводникового стабилитрона. Масштабы по осям токов и напряжений выбирать в соответствии с максимальными значениями этих величин в таблицах.

7. По данным таблиц 5 и 6 на одних осях построить прямую и обратную ветви вольтамперных характеристик полупроводникового стабилитрона. Масштабы по осям токов и напряжений для прямой и обратной ветвей выбирать одинаковыми.

6. По графикам установить соответствие между характеристиками и видами пробоя р-п перехода. Рядом с характеристиками сделать подписи: «лавинный», «туннельный». Объяснить свое решение.

7. Рассчитать значение дифференциального сопротивления, сделав соответствующие построения на ВАХ по заданию 5, аналогично рис. 2.

8. Анализируя положение вольтамперных характеристик относительно осей координат, объяснить различие вида ВАХ полупроводникового стабилитрона при прямом и обратном включении. Сравнить вид ВАХ полупроводникового диода и стабилитрона. Записать выводы по работе.

Вопросы для допуска к работе

1. Что является признаком пробоя p - n перехода?
2. Какие виды пробоя могут наблюдаться в p - n переходах?
3. Какие виды пробоя исследуются в лабораторной работе?
4. На одном графике построить обратные ветви вольтамперных характеристик p - n переходов с лавинным и туннельным видами пробоя.
5. Объяснить порядок и методику выполнения работы.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем принципиальное отличие электрического от теплового вида пробоя p - n перехода?
2. Назвать и объяснить условия, при которых в p - n переходе возникает лавинный вид пробоя. Какие полупроводники используются для изготовления таких переходов?
3. Объяснить механизм увеличения обратного тока в p - n переходе при лавинном пробое.
4. Объяснить возникновение туннельного эффекта в p - n переходе.
5. Назвать и объяснить условия, при которых в p - n переходе возникает туннельный вид пробоя. Какие полупроводники используются для изготовления таких переходов?
6. Объяснить механизм увеличения обратного тока в переходе при туннельном пробое.
7. Как влияет температура на величину пробивного напряжения p - n перехода при лавинном виде пробоя?
8. Как влияет температура на величину пробивного напряжения p - n перехода при туннельном виде пробоя?

Лабораторная работа 3 Исследование статических характеристик биполярного транзистора

Целью работы является исследование характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, снятие статических характеристик, определение основных параметров.

Задания для выполнения

1. Собрать схему для снятия входных статических характеристик транзистора (рис. 21). Для исследования биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером (2N2222A), рекомендованы: BC847A; BC 577A; BC 639 A; 2N 2712, 2SC18145.

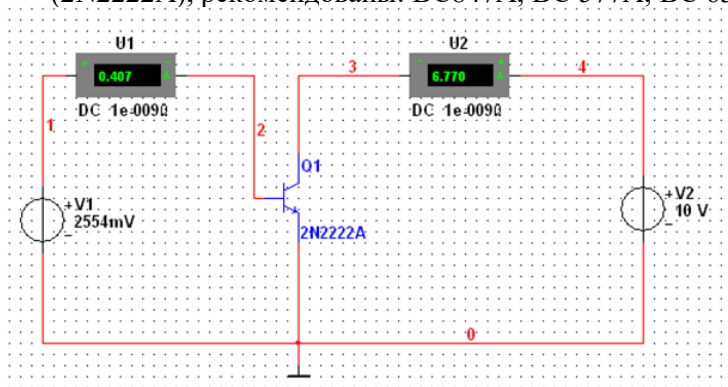


Рис. 21. Схема для исследования семейства входных характеристик транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером

Транзистор выбирается в окне *Select a Component* (рис. 22) в библиотеках транзисторов n - p - n -типа (*BJT_NPN*) или p - n - p -типа (*BJT_PNP*). При исследовании схемы с транзистором p - n - p -типа необходимо изменить полярность источника питания на противоположную. Для удобства исследований рекомендуется выбирать транзистор с допустимым напряжением $U_{кз} < 50$ В, допустимым током коллектора $I_{к\max} < 0.5$ А и коэффициентом усиления $\beta < 400$ -500. Параметры транзистора открываются в окне после нажатия кнопки *Detail Report* в окне *Select a Component*. Здесь приняты следующие обозначения: $V_{ce0} = U_{кз}$, $V_{cb0} = U_{кб}$, $I_{c\max} = I_{к\max}$, $hFE(\min, \max) = \beta$.

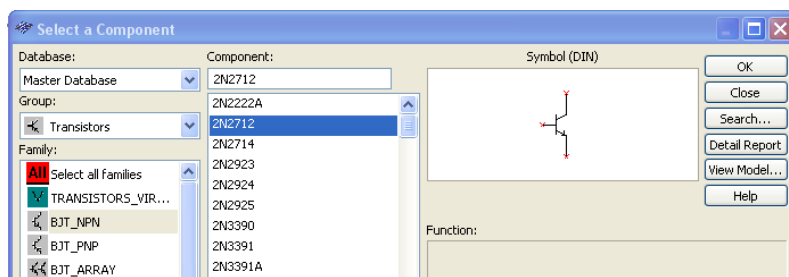


Рис. 22. Окно выбора транзистора

2. Снять семейство входных характеристик транзистора $I_6 = f(U_{63})$ при $U_{к3} = \text{const}$ для трех значений $U_{к3}$. Результаты занести в табл. 7.

Таблица 7

$U_{к3} = 0$		$U_{к31}$		$U_{к32}$	
I_6 , мкА	U_{36} , В	I_6 , мкА	U_{36} , В	I_6 , мкА	U_{36} , В

3. По результатам измерений построить входные статические характеристики транзистора. Каждую характеристику необходимо подписать.

Выходные статические характеристики снимаются при $I_6 = \text{const}$, для чего в цепи базы ставится дополнительный источник питания E_6 (рис. 23).

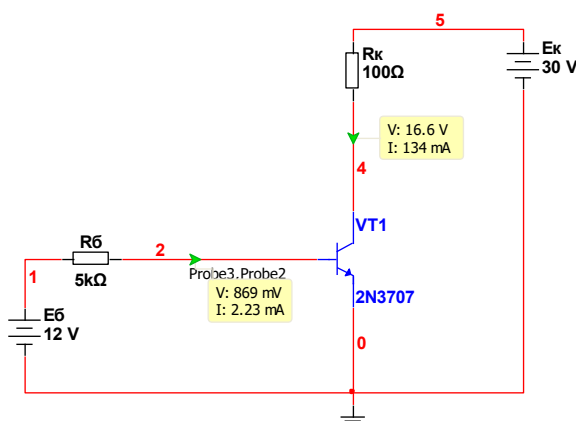


Рис. 23. Схема для снятия выходных статических характеристик транзистора

Необходимо выбрать сопротивление в коллекторной цепи R_k . Ток в коллекторной цепи не должен превышать максимально допустимый $I_k < I_{k \text{ max}}$. При выборе сопротивления в базовой цепи его можно оценить по току базы $I_6 \approx I_k / \beta$. Сопротивление R_{61} необходимо для защиты базовой цепи от токов, превышающих допустимые.

Пример: транзистор 2N3707, $U_{к3 \text{ max}} = 30 \text{ В}$, $I_{к \text{ max}} = 300 \text{ мА}$. Для схемы на рисунке 23 при $R_k = 100 \text{ Ом}$ максимальный ток в коллекторной цепи составит 300 мА.

4. Собрать схему для снятия выходных статических характеристик транзистора (рис. 23 или рис. 24).
5. Снять статические выходные характеристики транзистора $I_k = f(U_{к3})$ при $I_6 = \text{const}$ для трех значений I_6 .

В цепи базы и коллектора для измерения токов и напряжений поставить приборы для измерения напряжений и токов (например, пробники *Instantaneous voltage and current*). С помощью резистора R_6 выставить ток базы $I_6 = \text{const}$ и, меняя напряжение источника питания E_k , снять значения I_k и $U_{к3}$ для построения выходной статической характеристики.

Первую характеристику снять при $I_{61} = \text{const}$ ($E_6 = 12 \text{ В}$, $R_6 = 200 \text{ кОм}$).

Вторую характеристику снять при $I_{62} = \text{const}$ ($E_6 = 12 \text{ В}$, $R_6 = 5 \text{ кОм}$).

Третью характеристику снять при $I_{63} = \text{const}$ ($E_6 = 12 \text{ В}$, $R_6 = 1 \text{ кОм}$).

На рисунке 24 представлена упрощенная схема для снятия выходных характеристик. Здесь ток базы устанавливается постоянным, а изменяя напряжение между коллектором и эмиттером необходимо произвести измерения выходных параметров ($U_{кэ}$ и $I_{к}$).

6. Результаты занести в табл. 8.

Таблица 8

$I_{б1}$		$I_{б2}$		$I_{б3}$	
$I_{к}$, мА	$U_{кэ}$, В	$I_{к}$, мА	$U_{кэ}$, В	$I_{к}$, мА	$U_{кэ}$, В

7. По результатам измерений построить выходные статические характеристики транзистора. Для $I_{к}$ шкала от 0 до 300 мА, для $U_{кэ}$ шкала от 0 до 30 В. На каждой характеристике подписать соответствующее значение $I_{б}$.

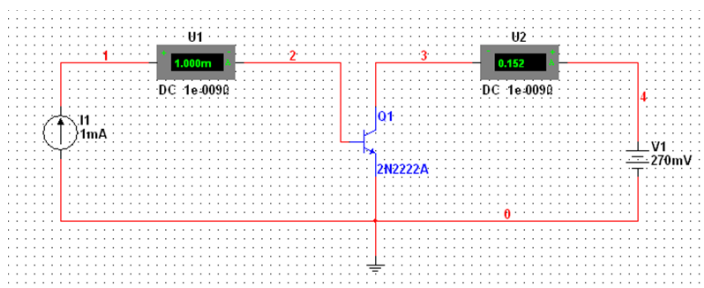


Рис. 24. Упрощенная схема для снятия выходных статических характеристик транзистора

8. Рассчитать h - параметры транзистора.

Вопросы для допуска к работе

1. Почему транзистор называется биполярным?
2. Назовите и изобразите семейства статических характеристик транзистора.
3. Изобразите структуры транзисторов $p-n-p$ и $n-p-n$ типа. Объясните их отличие.
4. Изобразите схемы включения транзисторов с ОБ и с ОЭ. Объясните полярность питающих напряжений.
5. Изобразите семейства входных и выходных характеристик в схемах включения с ОБ и с ОЭ.
6. Объясните порядок и методику выполнения работы.
7. Что такое h - параметры транзистора? Какой физический смысл они имеют?

Контрольные вопросы и задания

1. Выполните отчет по работе.
2. Назовите семейства статических характеристик биполярного транзистора.
3. Выполните построения для расчетов h - параметров транзистора.
4. Рассчитайте h - параметры транзистора. Поясните физический смысл. Сравните со справочными данными.
5. Объясните физические процессы, происходящие в эмиттерном переходе транзистора. Какие составляющие тока эмиттера протекают через эмиттерный переход?
6. Объясните физические процессы, происходящие в базе транзистора. Расскажите о составляющих тока базы.
7. Объясните физические процессы, происходящие в коллекторном переходе. Какие составляющие коллекторного тока протекают через коллекторный переход? Объяснить уравнение $I_{к} = \alpha I_{э} + I_{кб0}$.
8. Какие требования следует предъявить к структуре транзистора, чтобы обеспечить эффективное управление током коллектора?
9. Изобразите схему включения транзистора с ОЭ. Поясните полярность питающих напряжений. Объясните уравнение $I_{к} = \beta I_{б} + (\beta + 1) I_{кб0}$.
10. Объясните, почему входные характеристики биполярного транзистора напоминают прямую ветвь ВАХ диода?

11. Объясните, почему выходные характеристики имеют пологие участки, где ток коллектора практически не зависит от напряжения на коллекторе.

Лабораторная работа 4 **Исследование полевого транзистора с управляющим *p-n* переходом**

Целью настоящей работы является изучение принципа функционирования и основных характеристик полевого транзистора. В данной работе снимаются статические характеристики полевого транзистора, включённого по схеме с общим истоком, по полученным характеристикам определяются дифференциальные параметры транзистора.

Задания для выполнения

1. Выбрать тип транзистора в соответствии с указаниями преподавателя. Собрать схему для снятия стоко-затворных характеристик транзистора, изображённую на рис. 25.

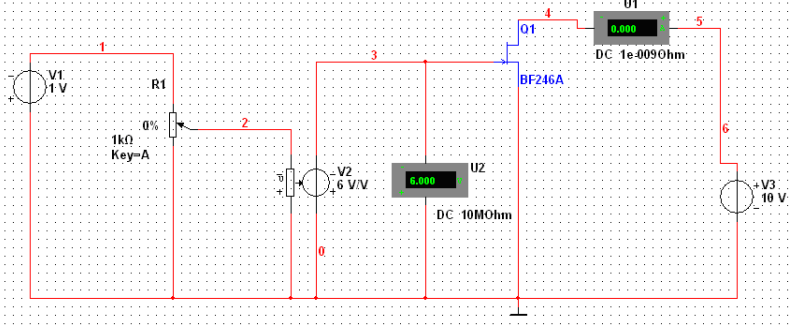


Рис. 25. Схема эксперимента для снятия стоко-затворных характеристик транзистора

Снять семейство стоко-затворных характеристик $I_c = f(U_{зи})$ при трёх заданных $U_{си}$. Показания снимать до тех пор, пока величина тока стока I_c не станет меньше 500 мкА, что соответствует закрытому состоянию транзистора. Результаты измерений занести в таблицу 7. Экспериментально определить $U_{зи\text{отс}}$.

Таблица 7

$U_{си} = 10 \text{ В}$		$U_{си} = 20 \text{ В}$		$U_{си} = 30 \text{ В}$	
$U_{зи}, \text{ В}$	$I_c, \text{ мА}$	$U_{зи}, \text{ В}$	$I_c, \text{ мА}$	$U_{зи}, \text{ В}$	$I_c, \text{ мА}$

2. В программе Multisim построить схему эксперимента для снятия стоковых характеристик транзистора, изображённую на рис. 26.

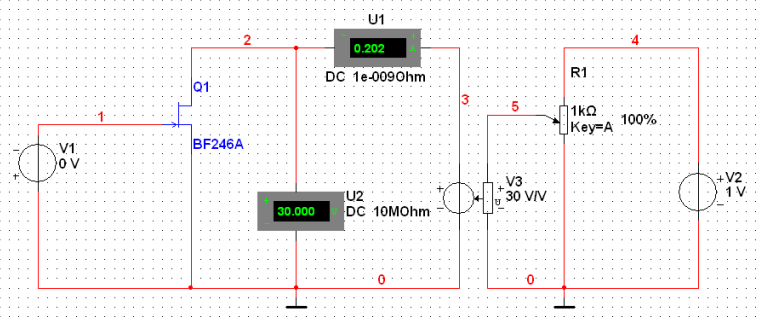


Рис. 26. Схема эксперимента для снятия стоковых характеристик транзистора

Снять семейство стоковых характеристик $I_c = f(U_{си})$ при четырёх значениях $U_{зи} = \text{const}$. Результаты измерений занести в таблицу 8.

Таблица 8

$U_{зи} = 0$		$U_{зи1}$		$U_{зи2}$		$U_{зи3}$	
$U_{си}, \text{ В}$	$I_c, \text{ мА}$	$U_{си}, \text{ В}$	$I_c, \text{ мА}$	$U_{си}, \text{ В}$	$I_c, \text{ мА}$	$U_{си}, \text{ В}$	$I_c, \text{ мА}$

Шаг изменения напряжения на затворе определить как $\Delta U_{зи} = \frac{U_{зиотс}}{4}$. Первую стоковую характеристику снять при $U_{зи}=0В$.

По данным таблиц 7 и 8 построить графики семейств стоко-затворных и стоковых характеристик. Обозначить на них параметры транзистора $I_{снач}$ и $U_{зиотс}$. По виду характеристик определить тип канала.

На рабочем участке характеристик выполнить построения для расчёта дифференциальных параметров полевого транзистора S , R_i , μ . Проверить справедливость уравнения $\mu=S \cdot R_i$. Сравнить полученные результаты с паспортными данными транзистора.

Рассчитать S_{max} для исследуемого транзистора по формуле:

$$S_{max} = \frac{2I_{снач}}{U_{зиотс}}$$

Сравнить значение S_{max} со значением крутизны, полученным в задании 5. Пояснить их различие.

Для любых двух значений $U_{зи}$, взятых из графика $I_c = f(U_{зи})$, вычислить значение тока стока по формуле:

$$I_c = I_{снач} \left(1 - \frac{U_{зи}}{U_{зиотс}} \right)^2$$

Сравнить результаты расчёта с экспериментальными данными. Сделать выводы.

Используя стоковые характеристики транзистора, графически определить максимальное и минимальное сопротивления сток-исток ($R_{си}$) в режиме омического сопротивления. Пояснить полученные результаты.

Вопросы для допуска к работе

1. Что такое полевой транзистор?
2. Изобразить семейства стоковых и стоко-затворных характеристик полевого транзистора с управляющим p-n переходом.
3. Объяснить порядок и методику проведения работы.

Контрольные вопросы и задания к защите работы

1. Почему полевые транзисторы называют униполярными? В чём основное отличие полевых транзисторов от биполярных?
2. Изобразить структуру полевого транзистора с управляющим p-n переходом. Подключив необходимые напряжения к электродам транзистора, объяснить его функционирование.
3. Почему область канала должна быть легирована слабее, чем область затвора?
4. Почему ширина p-n перехода у стока больше, чем у истока?
5. Изобразить форму канала для точек А, В, С стоковой характеристики (рис. 27).
6. Изобразить семейство стоко-затворных характеристик полевого транзистора с управляющим p-n переходом. Показать на них значения $U_{зиотс}$ и $I_{снач}$ и объяснить физический смысл этих параметров транзистора.
7. Изобразить семейство стоковых характеристик полевого транзистора. Показать на них области режима омического сопротивления и режима насыщения, объяснить ход характеристик в этих областях.

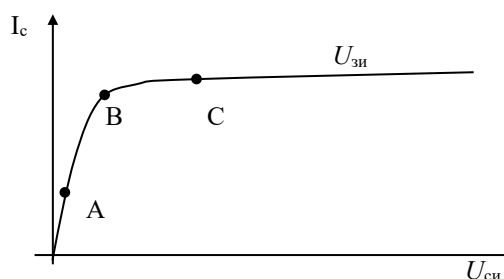


Рис. 27. Стоковая характеристика полевого транзистора

8. Как по стоковым характеристикам полевого транзистора с управляющим p-n переходом определить максимальное и минимальное сопротивление сток-исток? При каких напряжениях на затворе они наблюдаются?

9. Какие дифференциальные параметры вводятся для полевых транзисторов? Дать определение каждому параметру. На статических характеристиках показать построения для определения дифференциальных параметров.

Лабораторная работа 5

Исследование схем однофазных выпрямителей

Целью лабораторной работы является исследование различных схем выпрямителей, являющихся важнейшей из составных частей ВИП.

Исследовать схему однополупериодного выпрямителя

1. Снять внешнюю характеристику однополупериодного выпрямителя $U_H = f(I_H)$ без сглаживающего фильтра при 4-х значениях сопротивления нагрузки. Провести исследование схемы в соответствии с рис. 28.

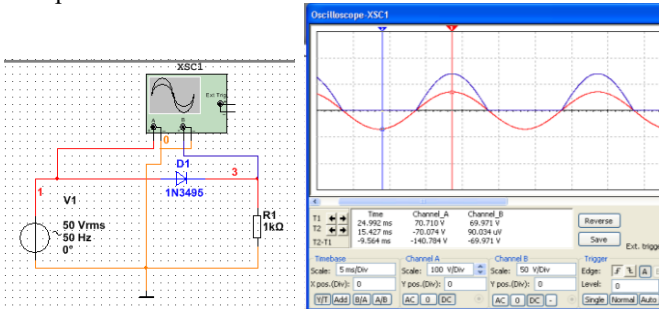


Рис. 28. Схема исследования однополупериодного выпрямителя и осциллограмма на нагрузке

Меняя сопротивление нагрузки (R_H), измерить среднее значение выпрямленного напряжения U_H (например, с помощью вольтметра или мультиметра, работающего в режиме вольтметра) и переменную составляющую выпрямленного напряжения U_m (с помощью осциллографа). Измерения производить в режиме DC, предварительно сместив осциллограмму вниз.

Полученные экспериментальные данные свести в таблицу 9.

Таблица 9

I_H (мА)				
U_H (В)				
U_m (В)				

2. При максимальном токе нагрузки подсчитать коэффициент пульсаций

$$K_{\Pi} = \frac{U_{ог}}{U_H} \approx \frac{U_m}{U_H} \approx \frac{U_{\sim} \sqrt{2}}{U_H}.$$

Зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения при максимальном токе нагрузки.

3. Установить в схему RC-фильтр (рис. 166). Снять внешнюю характеристику однополупериодного выпрямителя с RC-фильтром при 4-х значениях сопротивления нагрузки.

Меняя сопротивление нагрузки, измерить среднее значение выпрямленного напряжения U_H (с помощью мультиметра или вольтметра) и переменную составляющую выпрямленного напряжения $U_{\sim}$ (с помощью осциллографа в режиме AC).

Полученные экспериментальные данные свести в таблицу 10.

Таблица 10

I_H (мА)				
U_H (В)				
$U_{\sim}$ (В)				

4. При максимальном токе нагрузки подсчитать коэффициент пульсаций на выходе выпрямителя с RC-фильтром $K_{\Pi ф}$ и зарисовать осциллограмму пульсаций выпрямленного напряжения.

$$K_{\text{пф}} \approx \frac{U_{\sim}}{U_H}$$

- Переключить осциллограф в режим DC, изменив величину развертки по напряжению до величины, пока осциллограмма не появится на экране. Сместить положение «земли» вниз и установить необходимую величину масштаба напряжения по вертикали для получения максимально возможной развертки на экране осциллографа. При максимальном токе нагрузки зарисовать осциллограмму выпрямленного и сглаженного напряжения с учетом постоянной составляющей.
- Подсчитать коэффициент сглаживания фильтра

$$S = \frac{K_{\text{п}}}{K_{\text{пф}}}$$
- По табличным данным на одном графике построить внешние характеристики однополупериодного выпрямителя без фильтра и с RC-фильтром.

Исследовать схему мостового выпрямителя

- Собрать схему для снятия характеристик мостового выпрямителя. Исследование мостового выпрямителя производится по схеме, представленной на рис. 29.

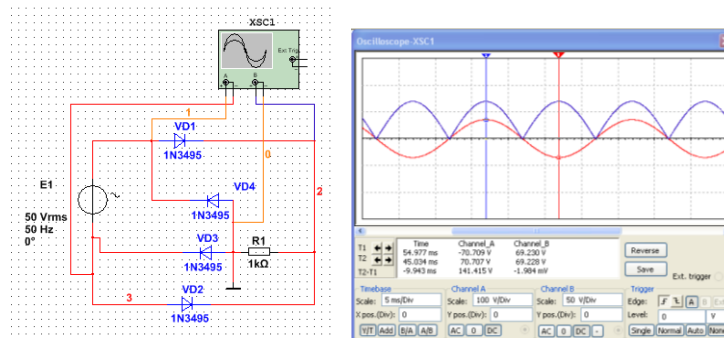


Рис. 29. Схема исследования мостового выпрямителя

- Снять внешнюю характеристику мостового выпрямителя $U_H = f(I_H)$ без сглаживающего фильтра при 4-х значениях сопротивления нагрузки.

Меняя сопротивление нагрузки, измерить среднее значение выпрямленного напряжения U_H (с помощью вольтметра или мультиметра) и переменную составляющую выпрямленного напряжения U_m (с помощью осциллографа). Измерения производить в режиме DC, предварительно сместив осциллограмму вниз.

Полученные экспериментальные данные свести в таблицу 11.

Таблица 11

I_H (mA)				
U_H (B)				
U_m (B)				

- При максимальном токе нагрузки подсчитать коэффициент пульсаций на выходе выпрямителя и зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения.
- Подключить в схему исследования емкостной фильтр (рис. 15а). Снять внешнюю характеристику двухполупериодного мостового выпрямителя $U_H = f(I_H)$ с C-фильтром при 4-х значениях сопротивления нагрузки, измерить среднее значение выпрямленного напряжения U_H (с помощью мультиметра или вольтметра) и переменную составляющую выпрямленного напряжения $U_{\sim}$ (с помощью осциллографа в режиме AC).

Полученные данные свести в таблицу 12.

Таблица 12

I_H (mA)				
U_H (B)				
$U_{\sim}$ (B)				

5. При максимальном токе нагрузки подсчитать коэффициент пульсаций на выходе выпрямителя с емкостным фильтром и зарисовать осциллограмму выпрямленного напряжения.

Переключить осциллограф в режим *DC*, изменив величину развертки по напряжению до величины, пока осциллограмма не появится на экране. Сместить положение «земли» вниз и установить необходимую величину масштаба напряжения по вертикали для получения максимально возможной развертки на экране осциллографа. При максимальном токе нагрузки зарисовать осциллограмму выпрямленного и сглаженного напряжения с учетом постоянной составляющей.

6. Подсчитать коэффициент сглаживания емкостного фильтра.
7. Подключить в схему исследования *RC*-фильтр (рис. 16б). Снять и построить внешнюю характеристику двухполупериодного мостового выпрямителя $U_n=f(I_n)$ с *RC*-фильтром при 4-х значениях сопротивления нагрузки, Данные занести в таблицу. Подсчитать значение коэффициента пульсаций и коэффициента сглаживания, снять осциллограммы выпрямленных напряжений (аналогично заданиям 4–6 при работе выпрямителя с емкостным фильтром).
8. Подключить в схему исследования Π -образный *LC*-фильтр. (рис. 16в). Снять и построить внешнюю характеристику двухполупериодного выпрямителя $U_n=f(I_n)$ с Π -образным *LC*-фильтром при 4-х значениях сопротивления нагрузки, подсчитать значение коэффициента пульсаций и коэффициента сглаживания, снять осциллограммы выпрямленных напряжений (аналогично заданиям 4–6 при работе выпрямителя с емкостным фильтром).

Внешние характеристики мостового выпрямителя без фильтра, с емкостным, *RC*- и Π -образным *LC*-фильтром необходимо строить на одном графике (в одних осях).

Вопросы для допуска к работе

1. Назовите элементы вторичных источников питания.
2. Каково назначение трансформатора?
3. Каково назначение выпрямителя?
4. Каково назначение фильтра?
5. Каково назначение стабилизатора?
6. Что называется нагрузочной характеристикой?
7. Назовите и нарисуйте схемы выпрямителей.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие преимущества имеют двухполупериодные выпрямители перед однополупериодными?
2. Как определить коэффициент пульсаций выпрямителя?
3. Назовите достоинства и недостатки однополупериодной схемы выпрямителя.
4. Назовите достоинства и недостатки двухполупериодной схемы выпрямителя с выводом средней точки.
5. Назовите достоинства и недостатки двухполупериодной мостовой схемы выпрямителя.
6. Какие преимущества имеет мостовая схема по сравнению с выпрямителем с выводом от средней точки вторичной обмотки трансформатора?
7. По каким параметрам выбирают диоды для выпрямителей?
8. Назовите основные виды сглаживающих фильтров.
9. Как влияет емкость сглаживающего конденсатора на амплитуду пульсаций выпрямленного напряжения?
10. Как изменятся амплитуда пульсаций выпрямленного напряжения и коэффициент пульсаций, если частота напряжения сети увеличится в два раза?

Лабораторная работа 6 ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА С *RC*-СВЯЗЬЮ

Целью работы является исследование влияния элементов схемы резисторного каскада на биполярном транзисторе с общим эмиттером на его характеристики.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Принципиальная электрическая схема усилителя приведена на рисунке 18.

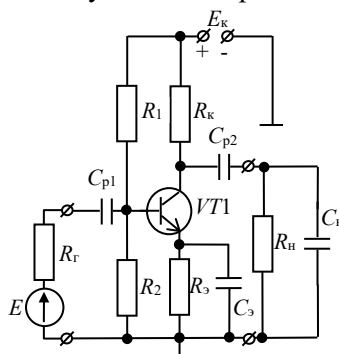


Рис. 18. Принципиальная электрическая схема усилителя с RC -связью

Исследование усилительного каскада проводится с помощью программного пакета «Multisim 10.0». Лабораторный макет содержит усилительный резистивный каскад на биполярном транзисторе, источник питания и необходимые измерительные приборы (рис. 19).

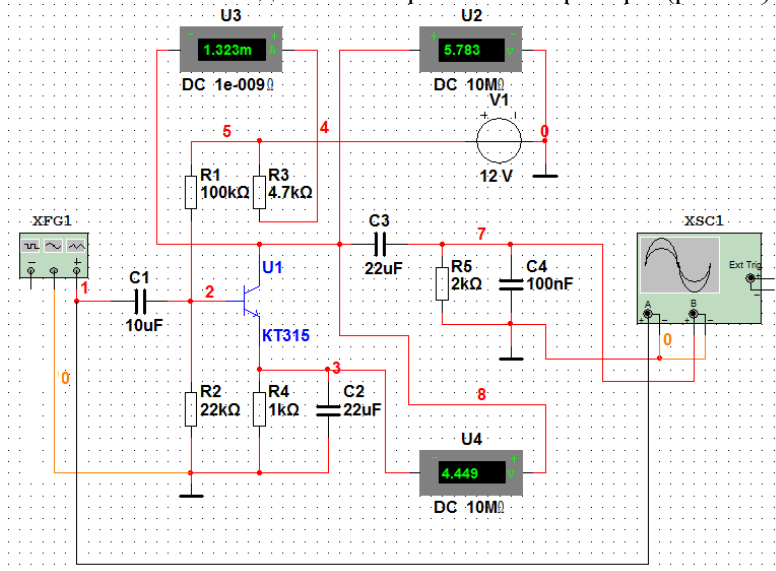


Рис. 19. Лабораторный макет усилителя с RC -связью

Рекомендуем начальные установки приборов и средств анализа.

Function Generator.

Форма напряжения – синусоидальное;

Frequency 1 kHz;

Duty cycle 50 %;

Amplitude 10 mV;

Offset 0.

AC Analysis.

Frequency parameters:

Start frequency (FSTART) 1 Hz

Stop frequency (FSTOP) 100 MHz

Sweep tipe Decade

Number of points per decade 10

Vertical scale Linear

Далее на вкладке «Output» в окне «Variables in circuit» выбрать контрольную точку (в примере на рис. 19 – $V(7)$) и нажать кнопку «ADD», затем кнопку «Simulate».

ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Ознакомиться с контрольными вопросами. Собрать виртуальный лабораторный макет (рис. 19), установить параметры схемы в соответствии с вариантом (по указанию преподавателя): C_n , R_n , C_{p1} , C_{p2} , C_3 . Для этого номер варианта сложить с соответствующим значением параметра элемента в указанных единицах. Измерить параметры схемы по постоянному току ($U_{кэо}$, $I_{к0}$), убедиться в работоспособности каскада, оценить крутизну транзистора ($S = \Delta I_k / \Delta U_{бэ}$). Сохранить исходный макет.

Задание 1. Исследовать влияние емкости нагрузки C_n (рис.18) на АЧХ каскада. Подать на вход каскада гармонический сигнал (настройку генератора см. выше). Снять АЧХ при исходных номиналах элементов, установленных по варианту. Для снятия АЧХ использовать инструмент «AC Analysis». В настройках установить линейный масштаб по вертикальной шкале. Зафиксировать значение K_0 , $K_{fн}$, $K_{fв}$ и соответствующие частоты f_0 , f_n , f_v (рис. 2). Увеличить на порядок номинал C_n и вновь снять АЧХ, определить значения K_0 , $K_{fн}$, $K_{fв}$ и соответствующие частоты f_0 , f_n , f_v .

Вернуть номинал C_n в исходное состояние. Результаты измерений K_0 , $K_{fн}$, $K_{fв}$ и соответствующие частоты f_0 , f_n , f_v поместить в табл. 1. Отобразить графики АЧХ, поместив обе кривые на одном поле.

Таблица 1.

Значение параметра	K_0	$K_{fн}$	$K_{fв}$	f_0 , Гц	f_n , Гц	f_v , Гц
$C_n =$						
$C_n =$						

Задание 2. Исследовать влияние C_n на переходную характеристику (ПХ) каскада.

Подать на вход каскада импульсный сигнал (переключив вид сигнала генератора на «меандр» в настройках генератора) или с помощью функции Transient Analysis. Снять ПХ при исходных номиналах элементов, указанных на рис. 19. Зафиксировать значения K_0 , Δ и $t_{нар}$. Увеличить на порядок номинал C_n и вновь снять ПХ, определить значения K_0 , Δ и $t_{нар}$. Вернуть номинал C_n в исходное состояние. Результаты измерений K_0 , Δ и $t_{нар}$ поместить в таблицу 2. Отобразить графики ПХ, поместив обе кривые на одном поле.

Таблица 2

Значение параметра	K_0	Δ	$t_{нар}$, с
$C_n =$			
$C_n =$			

Задание 3. Исследовать влияние R_n на АЧХ и ПХ каскада, для чего измерить АЧХ и ПХ при исходном значении номинала R_n и при уменьшенном на порядок. Измерения проводить согласно заданиям 1 и 2 (только изменяя R_n , а не C_n !). Результаты измерений поместить в таблицы 3 и 4. После проведения измерений вернуть номинал R_n в исходное состояние. Отобразить графики АЧХ (Табл. 3), поместив обе кривые на одном поле и графики ПХ (Табл. 4) тоже на одном поле.

Таблица 3

Значение параметра	K_0	$K_{fн}$	$K_{fв}$	f_0 , Гц	f_n , Гц	f_v , Гц
$R_n =$						
$R_n =$						

Таблица 4

Значение параметра	K_0	Δ	$t_{нар}$, с
$R_n =$			
$R_n =$			

Задание 4. Исследовать влияние C_{p1} , C_{p2} и C_3 на АЧХ и ПХ каскада. Для этого измерить АЧХ и ПХ при исходных значениях номиналов этих элементов схемы и при уменьшенных на порядок. Измерения проводить согласно рекомендациям заданий 1 и 2 (изменяя поочередно только C_{p1} , C_{p2} и

C_3 , возвращая после проведения измерений влияния каждого элемента его номинал в исходное состояние). Результаты измерений занести в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Значение параметра	K_0	$K_{fн}$	$K_{fв}$	f_0 , Гц	f_n , Гц	f_v , Гц
$C_{P1}=$ $C_{P2}=$ $C_3=$						
$C_{P1 \text{ изм}}=$ $C_{P2}=$ $C_3=$						
$C_{P1}=$ $C_{P2 \text{ изм}}=$ $C_3=$						
$C_{P1}=$ $C_{P2}=$ $C_3 \text{ изм} =$						

Таблица 6

Значение параметра	K_0	Δ	$t_{нар}$, с
$C_{P1}=$ $C_{P2}=$ $C_3=$			
$C_{P1 \text{ изм}}=$ $C_{P2}=$ $C_3=$			
$C_{P1}=$ $C_{P2 \text{ изм}}=$ $C_3=$			
$C_{P1}=$ $C_{P2}=$ $C_3 \text{ изм} =$			

Отобразить графики АЧХ, поместив все кривые на одном поле.

Отобразить графики ПХ, поместив все кривые на одном поле.

Задание 5. Снять амплитудную характеристику (АХ) каскада $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$. Установить параметры элементов схемы в соответствии с рис. 19. Входное напряжение менять от 0,01 до 5В. Наблюдая на экране осциллографа выходной сигнал, определить диапазон $U_{\text{вх}}$, при котором еще нет заметных глазу искажений формы $U_{\text{вых}}$. Результаты измерений занести в таблицу 7. Исключить из схемы каскада C_3 и повторить приведенные в этом пункте измерения. Результаты измерений поместить в таблицу 7. После проведения измерений вернуть C_3 в исходное состояние. Уменьшить значение номинала R_k в 10 раз, и повторить измерения. Результаты измерений поместить в таблицу 7. Количество измерений должно быть достаточным для снятия линейного и нелинейных участков. На линейном участке $\Delta U_{\text{вх}} = 0,1\text{В}$. По результатам измерений построить АХ для всех вышеприведенных случаев на одном поле.

Таблица 7

$U_{\text{вх.}}$	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	1	1,1	1,2	И т.д.
$U_{\text{вых}} \text{ с } C_3$									
$U_{\text{вых}} \text{ без } C_3$									
$U_{\text{вых}} \text{ с } R_k$									

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- Как связаны частотные и временные искажения?
- Поясните назначения элементов усилительного каскада на биполярном транзисторе.
- Какие элементы и как влияют на форму АЧХ в области высоких частот?
- Какие элементы и как влияют на форму АЧХ в области низких частот?
- Какие элементы и как влияют на форму ПХ в области малых времен?
- Какие элементы и как влияют на форму ПХ в области больших времен?
- Какой характер носит обычно входное сопротивление каскада с ОЭ на высоких частотах?

- Укажите причины возникновения нелинейных искажений в каскаде на биполярном транзисторе.

Лабораторная работа 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХКАСКАДНОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ С ТРАНСФОРМАТОРНОЙ СВЯЗЬЮ

Целью настоящей работы является изучение принципа действия усилителя мощности с трансформаторной связью, исследование его характеристик и режимов работы.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Печатная плата электрической схемы усилителя вместе с источником питания расположена внутри лабораторного стенда, на переднюю панель которого выведены разъемы для подключения генератора сигналов и осциллографа, а также два переключателя B_1 и B_2 .

Принципиальная схема лабораторной установки, приведенная на рисунке 19, представляет собой двухкаскадный усилитель мощности. Входной каскад усилителя выполнен на транзисторе $VT1$ по однотактной схеме, работающей в режиме класса A . В этом каскаде применена сложная эмиттерно-коллекторная стабилизация положения рабочей точки транзистора, использующая две цепи отрицательной обратной связи по току. Первая цепь обратной связи – резисторы R_4, R_5 , зашунтированные по переменному току конденсатором C_2 и включенные в цепь эмиттера. Вторая цепь – резистор R_1 , зашунтированный конденсатором C_3 и включенный в базовую цепь транзистора. Сопротивления $R_1 - R_5$ выбираются таким образом, чтобы обеспечить требуемый ток покоя $I_{к0}$ транзистора $VT1$.

Связь входного каскада усилителя с выходным каскадом осуществляется трансформатором $Tr1$. Выходной каскад выполнен по двухтактной схеме, в которой транзисторы $VT2$ и $VT3$ включены по схеме с ОЭ. Для согласования малого сопротивления нагрузки ($R_{10} - R_{16}$, подключаемые с помощью переключателя B_2) с выходным сопротивлением каскада использован понижающий трансформатор $Tr2$.

Режим работы выходного каскада устанавливается потенциометром R_8 . Вращая ручку потенциометра, можно перейти от работы в режиме класса B к работе в режиме класса AB .

Для улучшения амплитудно-частотных характеристик усилителя и уменьшения нелинейных искажений выходного сигнала применена последовательная обратная отрицательная связь (ООС) по напряжению, охватывающая оба каскада (включается тумблером B_1).

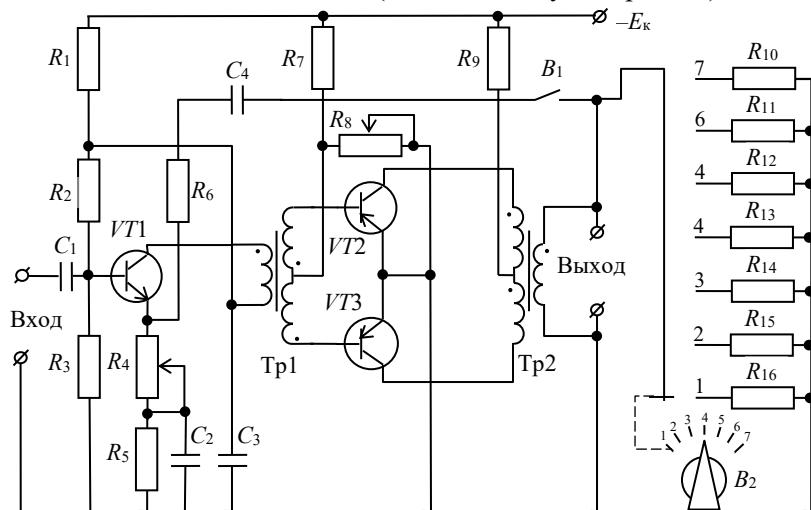


Рис. 19. Принципиальная схема лабораторной установки для исследования усилителя мощности с трансформаторной связью

ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Генератор синусоидальных сигналов подключить к клеммам «Вход». Двухканальный осциллограф подключить к клеммам «Выход» и генератору, чтобы одновременно контролировать входной и выходной сигналы усилителя. Настройка каналов должна быть в режиме АС, положение «земля» – совпадать с горизонтальной осью на экране. С помощью синхронизации добиться на экране осциллографа устойчивого изображения сигналов максимально развернутых по амплитуде в допустимых пределах и длительностью 1,5–3 периода. Настройки проверять перед каждым измерением.

Для построения АЧХ использовать Примечание (стр. 36).

Задание 1. Снять амплитудную характеристику усилителя в режиме класса В без отрицательной обратной связи и с ООС (меняя положение переключателя B_1). Для этого установить частоту генератора 2500 Гц, а ручкой потенциометра R_8 установить режим класса В (крайнее левое положение). Изменяя амплитуду выходного сигнала генератора (вход усилителя) от 0 до величины, при которой синусоида выходного напряжения окажется ограниченной сверху и снизу, снять значения выходного напряжения усилителя. Результаты измерений занести в табл. 12.

Таблица 12

$U_{вх}, В$									
$U_{вых}, В$ без ООС									
$U_{вых}, В$ с ООС									

Задание 2. По данным таблицы 12 построить две амплитудные характеристики на одном графике. Сравнить и объяснить их вид. На линейном участке характеристик выполнить построения и рассчитать коэффициенты усиления усилителя с ООС и без нее.

Задание 3. Снять амплитудно-частотные характеристики в режиме класса В без ООС и с ООС (изменяя положение переключателя B_1). Для этого установить на выходе генератора амплитуду величиной, соответствующей середине линейного участка амплитудной характеристики (задание 2). Изменяя частоту генератора от 2,5 кГц вниз до значения, при котором наблюдается падение амплитуды выходного сигнала в два раза, снять часть АЧХ. Установить частоту генератора 2,5 кГц и увеличивая ее до значения, при котором наблюдается падение амплитуды выходного сигнала в два раза, снять вторую часть АЧХ. Результаты измерений занести в табл. 13.

Таблица 13

$f, Гц$									
$U_{вых}, В$ без ООС									
$U_{вых}, В$ с ООС									

Количество точек, необходимых для точного построения различных участков графика АЧХ, определить после предварительного просмотра зависимости $U_{вых} = \varphi(f)$.

Задание 4. По данным таблицы 13 построить две АЧХ на одном графике. Сравнить и объяснить их вид. Определить по графикам верхнюю и нижнюю граничные частоты усилителя, рассчитать полосу пропускания для каждой АЧХ. Объяснить результат.

Задание 5. Снять осциллограммы выходного напряжения на частоте 2500 Гц без ООС в режиме класса В при двух значениях амплитуды входного сигнала. Для этого сначала установить амплитуду входного сигнала, соответствующую середине амплитудной характеристики, затем амплитуду, соответствующую участку, где наблюдается ограничение выходного сигнала. Осциллограммы зарисовать в отчете, объяснить их форму.

Задание 6. Снять осциллограммы выходного напряжения усилителя на частоте 2500 Гц без ООС в режиме класса В и АВ. Для этого установить амплитуду входного сигнала, соответствующую середине амплитудной характеристики, а ручкой потенциометра R_8 задать нужный режим. Зарисовать осциллограммы в отчете. Объяснить их форму.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объяснить назначение элементов схемы во входном и выходном каскаде усилителя мощности.

2. Объяснить работу входного каскада усилителя мощности.
3. Объяснить работу выходного каскада усилителя мощности, привести осциллограммы напряжений на базах и коллекторах транзисторов.
4. Объяснить работу усилителей в режимах класса A , B и AB . Как реализуются в схеме двухкаскадного усилителя мощности эти режимы?
5. Объяснить появление нелинейных искажений в выходном сигнале усилителя мощности.
6. Нарисовать осциллограммы напряжений на базах и коллекторах транзисторов усилителя мощности. Используя осциллограммы, объяснить работу цепи ООС.
7. Нарисовать амплитудную характеристику усилителя. Пояснить её характерные участки.
8. Объяснить влияние ООС на вид амплитудной характеристики усилителя.
9. Нарисовать и объяснить амплитудно-частотную характеристику усилителя.
10. Объяснить влияние ООС на амплитудно-частотную характеристику усилителя.
11. Объяснить появление нелинейных искажений в выходном сигнале усилителя мощности.

Лабораторная работа 8

Тренажер по изучению схем на операционных усилителях



Кафедра
радиоэлектроники
ВГАВТ

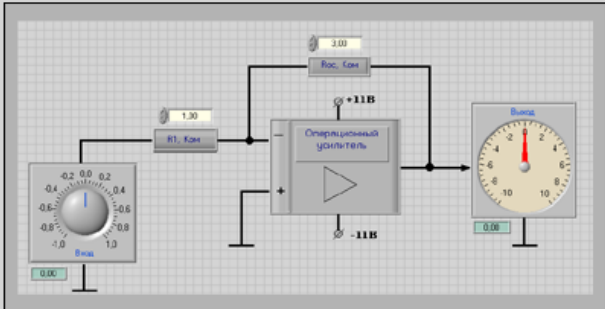
ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ

схемы включения

Комплекс лабораторных работ, предназначенных для студентов специальностей:

240600 - "Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики";

201300 - "Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования".



Разработали: Плющев В.И., Раева О.А.

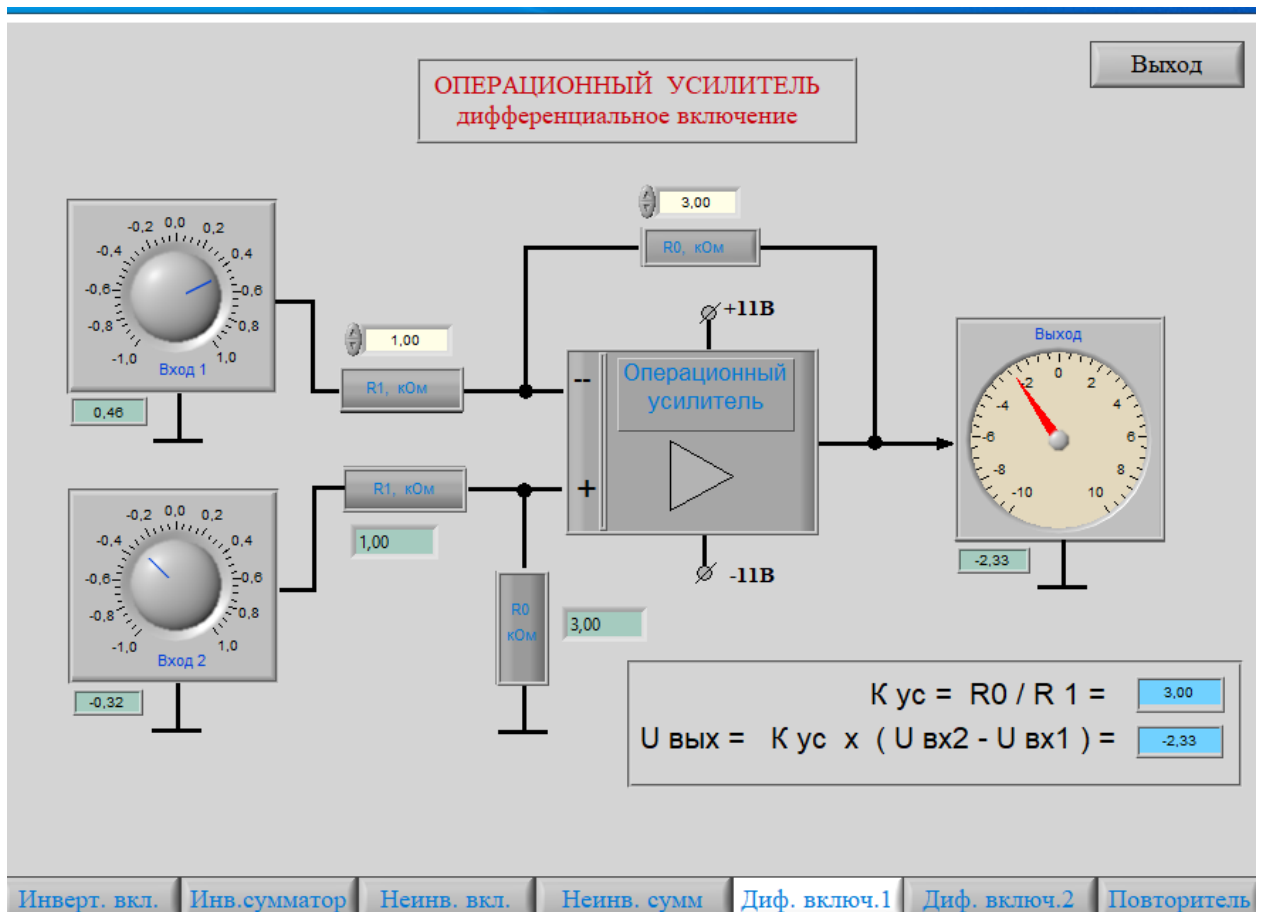
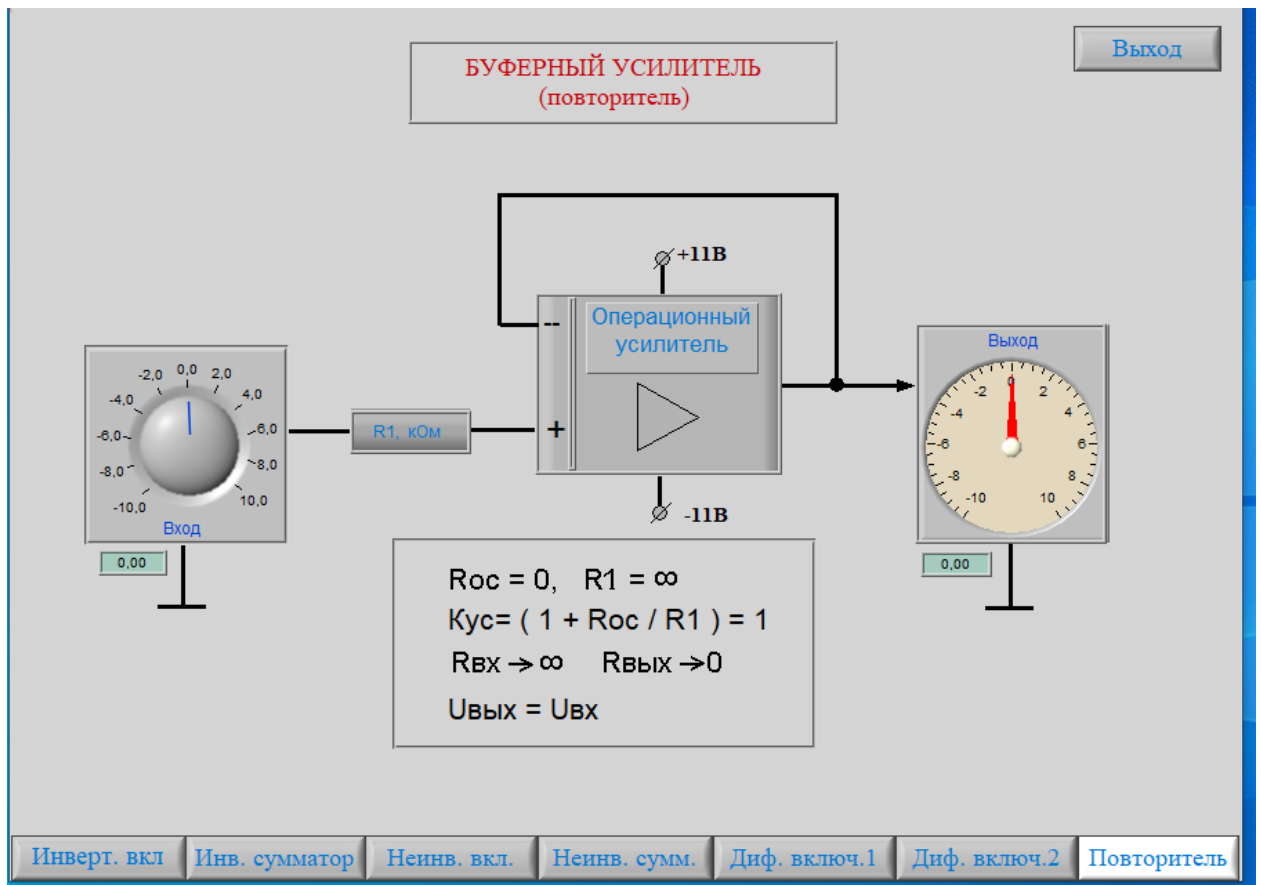
Выход

Для выбора схемы включения нажмите экранную кнопку

Продолжить

Продолжить

Изучить работу всех предложенных схем.



Лабораторная работа 9

Расчет режима усиления биполярного транзистора

Статические характеристики биполярного транзистора.

Для биполярного транзистора существуют три схемы включения: с общей базой (ОБ), с общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК). Схема включения транзистора с ОЭ в статическом режиме приведена на рис. 1,а. В ней биполярный транзистор наилучшим образом проявляет свои усилительные свойства.

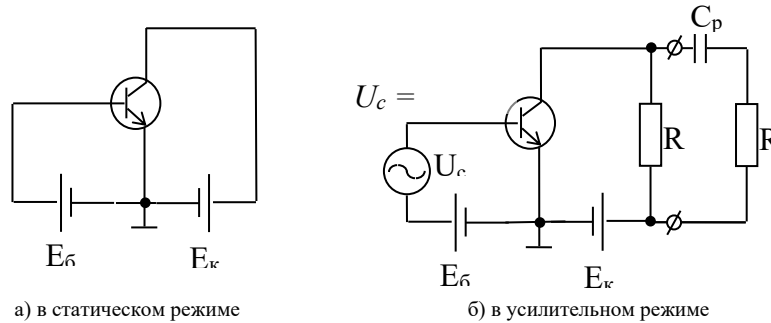


Рис. 1. Схема включения биполярного транзистора.

Входные и выходные статические характеристики транзистора приведены на рис. 2. Графики входных статических характеристик являются экспонентами (рис. 2,а), т.к. характеризуют прямо смещенный эмиттерный переход. Выходные характеристики – это семейство вольт-амперных характеристик обратно смещенного коллекторного перехода транзистора (рис. 2,б). Они хорошо согласуются с уравнением работы транзистора, включенного по схеме с ОЭ.

$$I_k = \beta I_{\delta} + (\beta + 1) I_{k\delta o}, \quad (1)$$

где β – коэффициент передачи тока базы, а $I_{k\delta o}$ – ток обратно смещенного изолированного коллекторного перехода. Из уравнения следует, что биполярный транзистор – это прибор, управляемый током в отличие от полевых транзисторов и электронных ламп.

Семейство статических характеристик позволяет правильно выбрать и рассчитать рабочий режим транзистора, обеспечив тем самым, наиболее эффективное использование его возможностей.

Статическая нагрузочная прямая.

Если в выходную коллекторную цепь схемы с ОЭ включить нагрузочный резистор R_k , то в этом случае к электродам транзистора будет подводиться уже лишь часть напряжения питания E_k (рис. 1,б). Теперь сопротивление R_k и коллекторная цепь транзистора образуют делитель напряжения. При прохождении постоянного тока коллектора на резисторе R_k возникает падение напряжения $I_k R_k$. Напряжение на коллекторе транзистора равно разности напряжения источника питания E_k и падения напряжения на резисторе R_k

$$U_{кэ} = E_k - I_k R_k \quad (2)$$

Таким образом, изменение коллекторного тока транзистора теперь происходит не по статической характеристике, а по динамической, которая в соответствии с уравнением (2) является прямой линией и может быть построена по двум точкам с координатами $(I_k=0, U_{кэ}=E_k)$ и $(I_k=E_k/R_k, U_{кэ}=0)$. Эти точки находятся на осях тока и напряжения выходных статических характеристик, а линия, соединяющая две точки, называется линией нагрузки по постоянному току, или статической нагрузочной прямой (рис 2.) Уравнение (2) принято называть уравнением статической нагрузочной прямой (СНП).

Итак, при наличии нагрузки в коллекторной цепи все возможные значения токов и напряжений транзистора лежат в точках пересечения его статических характеристик со СНП, и в каждой из них выполняется уравнение (2).

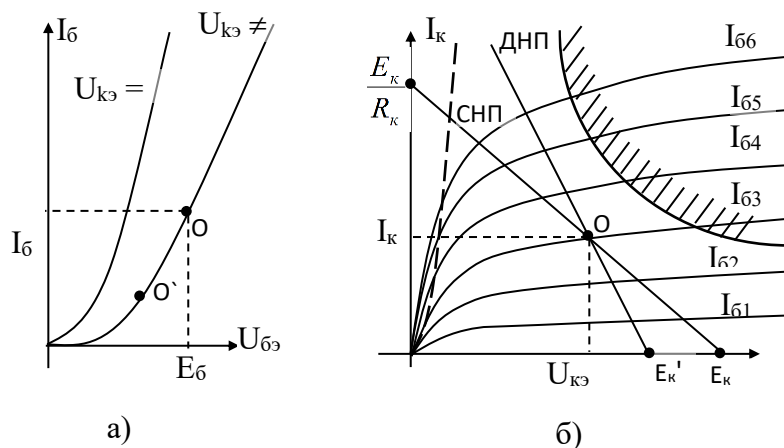


Рис. 2. Статические и динамические нагрузочные характеристики транзистора.

Графические построения, выполняемые на СНП, позволяют рассчитать режим работы транзистора по постоянному и переменному току, а в последствии и элементы схемы, обеспечивающие эти режимы. Такие расчеты получили название графо-аналитического расчета (ГАР) режима усиления транзистора.

При выполнении ГАР кроме выходной нагрузочной прямой необходимо иметь ещё и входную нагрузочную характеристику транзистора, в качестве которой обычно используют статическую входную характеристику, снятую при $U_{кэ} \neq 0$ (рис. 2,а). Напряжение $U_{бэ0} = E_б$ на входной нагрузочной характеристике определяет значение тока базы ($I_{б3} = I_{б0}$), который задаёт параметры режима покоя (в отсутствии входного сигнала) в выходной цепи транзистора ($I_{к0}$; $U_{кэ0}$), другими словами, режим транзистора по постоянному току.

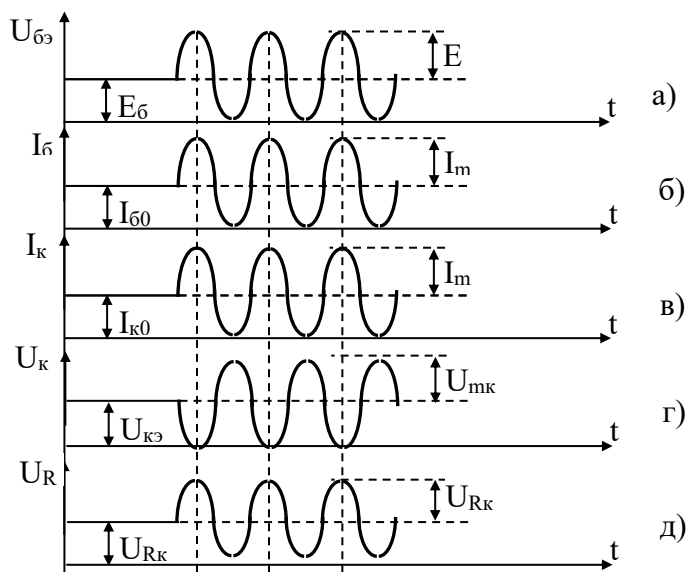


Рис. 3. Токи и напряжения в усилительном каскаде.

Если теперь во входной цепи схемы с ОЭ включить источник переменного сигнала U_c (рис 1,б), то к постоянным составляющим токов и напряжений добавятся переменные составляющие, численные величины которых принято характеризовать их амплитудными значениями $I_{мк}$, $U_{мк}$, $I_{мб}$, $U_{мбэ}$. Тогда коллекторный ток будет суммой переменной составляющей $I_{мк}$ и постоянной, которая в отсутствии входного сигнала равна току покоя $I_{к0}$ (рис. 3). Напряжение на нагрузке транзистора тоже можно рассматривать как сумму постоянного и переменного напряжения $U_{Rк} = U_{Rк} + U_{Rк}$. Одновременно с изменением напряжения на нагрузке меняется и напряжение между коллектором и эмиттером транзистора, причём согласно уравнению (2) они изменяются в противофазе (рис. 3, г, д).

Численные значения $I_{мк}$, $U_{мк}$, $I_{мб}$, $U_{мбэ}$ характеризуют режим транзистора по переменному току. Зная эти параметры нетрудно рассчитать коэффициент усиления каскада с ОЭ на биполярном транзисторе: K_i , K_u , K_p , а также его КПД.

Динамическая нагрузочная прямая

Если в коллекторную цепь усилительного каскада через разделительный конденсатор подключить нагрузку R_n , то на ней будет выделяться переменный усиленный сигнал в чистом виде.

График динамической нагрузочной прямой (рис 2.) проходит круче, чем СНП, так как

$$R_{n\sim} = \frac{R_k R_n}{R_k + R_n} < R_k \quad (3)$$

Сопротивление $R_{n\sim}$ будет определять наклон **динамической нагрузочной прямой**, которая связывает мгновенные значения тока коллектора с мгновенными значениями напряжения коллектора при работе усилительной схемы. Как и статическая нагрузочная прямая, динамическая нагрузочная прямая проходит через точку покоя с координатами $(I_{k0}; U_{k\partial 0})$, но с большим наклоном ($R_{n\sim} < R_k$). Вторую точку, определяющую положение этой характеристики, можно найти на основании дифференциального уравнения коллекторной цепи при сопротивлении нагрузки, равной $R_{n\sim}$:

$$\begin{aligned} dU_{k\partial} &= -dI_k R_{n\sim} \text{ или} \\ \Delta U_{k\partial} &= -\Delta I_k R_{n\sim} \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнения (4) называются уравнениями динамической нагрузочной прямой (ДНП). Если сопротивление нагрузки выходной (коллекторной) цепи для постоянного и переменного тока одинаковы, то динамическая нагрузочная прямая совпадает со статической нагрузочной прямой. Такая ситуация может иметь место, если R_n очень велико, тогда согласно выражению (3) будет наблюдаться равенство $R_{n\sim} = R_k$.

Схемы питания транзисторов

В простейших усилительных схемах на рис. 2 батареи E_b и E_k предназначены для того, чтобы обеспечить работу транзистора в активном (усилительном) режиме. Иметь два источника питания не всегда удобно, поэтому на практике, как правило, используется один общий источник питания E_k .

Для нормальной работы транзистора необходимо, чтобы между эмиттером и базой было постоянное напряжение в десятки доли вольта (напряжение смещения базы). Источник E_k в схеме с ОЭ, вообще говоря, позволяет получить некоторое смещение на базе транзистора: ток эмиттера, проходя через участок Э-Б, создаёт на нём небольшое падение напряжения, открывающее эмиттерный переход. Однако, оно оказывается недостаточным, и режим работы транзистора оказывается ненормальным: точка покоя O' при этом оказывается на нелинейном участке входной нагрузочной характеристики (рис. 3,а). Это может явиться причиной появления нелинейных искажений в выходном переменном сигнале. Чтобы такое не произошло, необходимо подать дополнительное напряжение на базу транзистора, обеспечив положение точки покоя на линейном участке входной нагрузочной характеристики (точка O).

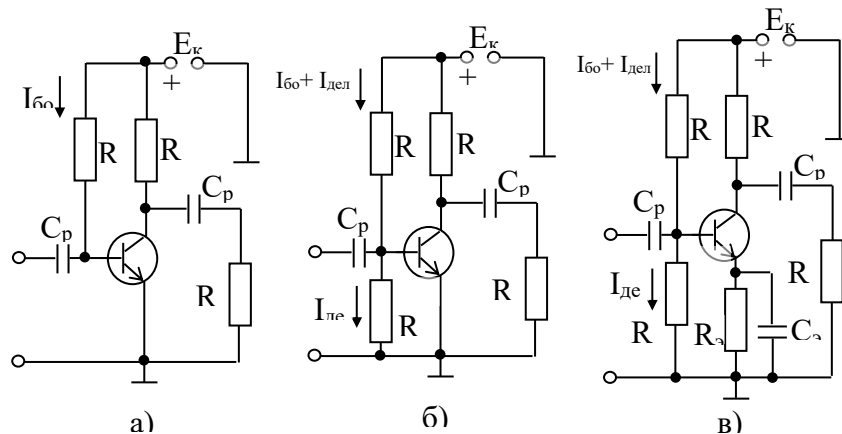


Рис. 4. Схемы усилителей с питанием транзистора от одного источника.

Существует несколько разновидностей схем, осуществляющих подачу смещения на базу транзистора от источника E_k . На рис. 4 приведены три наиболее используемые.

Схема на рис. 4,а реализует самый простой и экономичный способ подачи смещения на базу транзистора через гасящий резистор R_b . Ток базы I_b , проходя через этот резистор, создаёт на нём значительное падение напряжения, а на базе остаётся совсем незначительная часть напряжения E_k .

$$U_{b\partial 0} = E_k - I_{b0} R_b \quad (5)$$

Из уравнения (5) нетрудно рассчитать величину сопротивления R_b , если известно, какое именно напряжение следует подать на базу транзистора

$$R_{\delta} = \frac{E_{\kappa} - U_{\delta\delta o}}{I_{\delta o}} \quad (6)$$

Все значения в правой части равенства (6) определяются по статической нагрузочной прямой транзистора.

В схеме на рис. 4,б смещение на базу транзистора задаётся с помощью делителя $R_1 R_2$. Через сопротивление R_1 протекает суммарный ток $(I_{\delta\delta\epsilon} + I_{\delta o})$ и создаёт на нём большое падение напряжения. Небольшая же часть $U_{\delta\delta o}$ падает на резисторе R_2 , подключенном параллельно базовой цепи транзистора:

$$\begin{cases} (I_{\delta\delta\epsilon} + I_{\delta o})R_1 = E_{\kappa} - U_{\delta\delta o} \\ I_{\delta\delta\epsilon} R_2 = U_{\delta\delta o} \end{cases} \quad (7)$$

Определив по СНП транзистора значения E_{κ} , $I_{\delta o}$, $U_{\delta\delta o}$, можно рассчитать значение сопротивлений базового делителя $R_1 R_2$:

$$\begin{cases} R_1 = \frac{E_{\kappa} - U_{\delta\delta o}}{I_{\delta\delta\epsilon} + I_{\delta o}} \\ R_2 = \frac{U_{\delta\delta o}}{I_{\delta\delta\epsilon}} \end{cases} \quad (8)$$

Ток делителя из соображений экономичности должен удовлетворять неравенству $I_{\delta} < I_{\delta\delta\epsilon} < I_{\kappa}$. Для практических расчётов его выбирают $I_{\delta\delta\epsilon} = (2 \div 10) I_{\delta o}$.

Достоинством рассматриваемых схем (рис. 4,а,б) является то, что они сравнительно просто реализуют подачу смещения на базу транзистора от источника E_{κ} . Однако, у обеих схем имеется существенный недостаток: они отличаются плохой температурной стабильностью. Дело в том, что с увеличением температуры растёт тепловой ток коллектора $I_{\kappa\delta o}$, а следовательно и I_{κ} . В результате выходные статические характеристики транзистора смещаются в область больших токов, а вместе с ними смещается и рабочая точка, то есть нарушается выбранный режим работы транзистора по постоянному току (рис. 5).

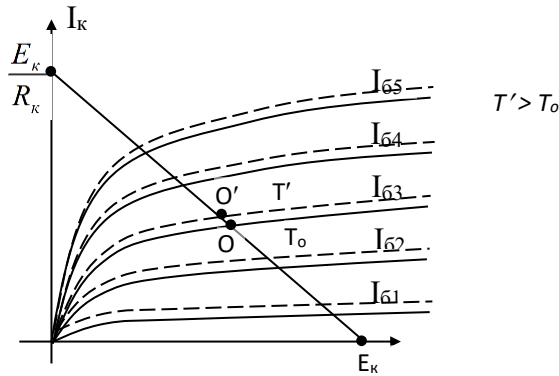


Рис. 5. Влияние температуры на статические характеристики транзистора и положение рабочей точки.

Для стабилизации режима транзистора по постоянному току в схемы вводят дополнительные стабилизирующие элементы, которые обеспечивают постоянство режима работы при увеличении температуры или смене транзистора.

Схема, приведённая на рис. 3,в называется схемой с эмиттерной температурной стабилизацией. В ней в качестве стабилизирующего элемента выступает резистор R_3 в цепи эмиттера транзистора. Падение напряжения на R_3 действует навстречу напряжению $U_{R_2} = I_{\delta\delta\epsilon} R_2$. Поэтому напряжение на базе транзистора в этой схеме будет равно разности напряжений

$$\begin{aligned} U_{\delta\delta o} &= U_{R_2} - U_{R_3} \quad \text{где} \\ U_{R_3} &= I_{\delta o} R_3. \end{aligned} \quad (9)$$

Теперь при увеличении температуры увеличившийся ток $I_{\kappa\delta o}$ вызовет увеличение тока коллектора I_{κ} , а тот в свою очередь – увеличение тока эмиттера. Падение напряжения U_{R_3} в этом случае увеличится, а напряжение $U_{\delta\delta o}$ – уменьшится. Уменьшение $U_{\delta\delta o}$ приведёт к уменьшению базового тока, в результате чего коллекторный ток вернётся к исходному состоянию, а следовательно положение рабочей точки останется стабильным.

При включении R_3 в эмиттерную цепь необходимо помнить о том, что напряжение E_{κ} при этом следует увеличивать на величину падения напряжения на R_3 :

$$E_{\kappa} = U_{\kappa\delta o} + I_{\kappa o} (R_{\kappa} + R_3) \quad (10)$$

Из соображений экономичности падение напряжения U_{R_3} обычно выбирают незначительным:

$$U_{R_3} = (0.1 \div 0.3) E_K \quad (11)$$

Ток делителя тоже задаётся небольшим $I_{дел} = (2 \div 10) I_{б0}$

Используя все эти условия, нетрудно рассчитать элементы схемы с эмиттерной температурной стабилизацией режима транзистора по постоянному току:

$$\left\{ \begin{aligned} R_1 &= \frac{E_K - U_{бэ0}}{I_{дел} + I_{б0}} \end{aligned} \right. \quad (12)$$

$$\left\{ \begin{aligned} R_2 &= \frac{U_{R_2}}{I_{дел}} \end{aligned} \right. \quad (13)$$

$$\left\{ \begin{aligned} R_3 &= \frac{U_{R_3}}{I_{э0}} \end{aligned} \right. \quad (14)$$

где $U_{R_2} = U_{бэ0} + U_{R_3}$

По переменной составляющей резистор R_3 всегда шунтируется конденсатором большой ёмкости C_3 . В противном случае переменный сигнал, выделяющийся на R_3 , действуя встречно сигналу на базе транзистора, приведёт к существенному уменьшению коэффициента усиления по напряжению усилительного каскада на транзисторе.

Графо-аналитический расчёт режима усиления биполярного транзистора. Порядок расчета и методические указания по его выполнению.

1. Построение входных и выходных статических характеристик транзистора.

Начертить входные и выходные характеристики транзистора таким образом, чтобы слева и внизу осталось место для построения осциллограмм $i_b(t)$, $u_{бэ}(t)$, $i_k(t)$, $u_{кэ}(t)$.

2. Построение СНП по заданным R_K и E_K .

Координаты двух точек, через которые пройдет нагрузочная прямая, определить из уравнения (1), подставив численные значения R_K и E_K , соответствующие варианту задания.

$I_K = 0; U_{кэ} = E_K$ – координаты точки на оси напряжения;
 $I_K = E_K / R_K; U_{кэ} = 0$ – координаты точки на оси тока.

3. Определение режима работы транзистора по постоянному току, т.е. в отсутствии входного сигнала.

Режим транзистора по постоянному току с точки зрения графо-аналитического расчета – это координаты рабочей точки на статических нагрузочных характеристиках: $I_{б0}$, $U_{бэ0}$, $I_{к0}$, $U_{кэ0}$. Для определения этих координат задается рабочий участок на СНП и выбирается рабочая точка.

Рабочий участок по условию задачи должен быть максимально возможным, а рабочая точка должна делить рабочий участок пополам по току базы (за счет этого исключаются искажения входного сигнала).

В качестве входной нагрузочной характеристики выбирается входная характеристика при $U_{кэ0} \neq 0$. По величине тока базы $I_{б0}$ на нее принести рабочую точку с выходной СНП. Опустить перпендикуляры из рабочей точки на оси токов и напряжений и определить значения $I_{б0}$, $U_{бэ0}$, $I_{к0}$, $U_{кэ0}$, которые характеризуют режим транзистора по постоянному току.

4. Определение мощности, потребляемой транзистором от источника питания в режиме покоя (для расчета КПД).

$$P_{потр} = I_{к0} \cdot E_K$$

5. Определение режима транзистора по переменному току, построение временных диаграмм $i_b(t)$, $u_{бэ}(t)$, $i_k(t)$, $u_{кэ}(t)$.

Режим транзистора по переменному току характеризуется амплитудными значениями токов и напряжений $I_{мб}$, $U_{мбэ}$, $I_{мк}$, $U_{мкэ}$. Чтобы определить их графическим путем, необходимо спроецировать рабочий участок на оси токов и напряжений. Величина проекций рабочего участка определит двойные амплитуды токов и напряжений. Поделив полученные значения пополам, можно рассчитать их амплитудные значения.

Построение временных диаграмм необходимо начинать с зависимости $i_b(t)$, т.к. биполярный транзистор – это прибор, управляемый током. В соответствие с осциллограммой $i_b(t)$ построить остальные осциллограммы, соблюдая правильные фазовые соотношения.

6. Расчет усилительных параметров каскада на биполярном транзисторе k_i , k_u , k_p .

Усилительные параметры рассчитываются с использованием амплитудных значений, полученных в п.5.

– коэффициент усиления по току;

$$k_i = \frac{I_{mk}}{I_{mb}} \quad \text{-коэффициент усиления по напряжению;}$$

$$k_u = \frac{U_{mkз}}{U_{mbз}} \quad \text{-коэффициент усиления по мощности.}$$

$$k_p = k_i k_u$$

7. Расчет коэффициента полезного действия каскада.

Расчет выходной колебательной мощности и коэффициента полезного действия каскада осуществляется по следующим формулам:

$$P_{вых} = I_{дейст} U_{дейст} = \frac{I_{пк}}{\sqrt{2}} \frac{U_{пкз}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2} I_{пк} U_{пкз}.$$

$$\eta = \frac{P_{вых}}{P_{потр}} 100\%$$

Здесь $P_{потр}$ – значение, полученное в п.4.

8. Расчет параметров элементов схемы включения транзистора (в соответствии с вариантом задания).

Расчет элементов схемы выполняется с использованием значений полученных в п.3 $I_{б0}$; $U_{бэ0}$; $I_{к0}$; $U_{кэ0}$, подставляя их в формулы (6) или (8).

Задания

Цель работы: Получить практические навыки расчета параметров схемы биполярного транзистора на основе графоаналитического метода. Используя полученный теоретический материал, научиться строить осциллограммы напряжений в заданных точках для простейших типовых электронных схем.

Задание 1.

Графо-аналитическим способом рассчитать режим усиления биполярного транзистора при условии получения максимальной выходной мощности и минимальных искажений выходного сигнала. Рассчитать элементы схемы, обеспечивающей этот режим.

Требования к содержанию отчета.

Работа оформляется в тетрадке, либо на листах бумаги формата А4. На первом листе указывается название предмета «Схемотехника», фамилия студента и номер зачетки, также указывается название кафедры для проверки «Радиоэлектроника».

Отчет должен начинаться с данных варианта задания: две последние цифры номера зачетки, тип схемы включения транзистора, номер характеристики, напряжение питания схемы, сопротивление коллектора и, если необходимо, ток делителя. Далее приводится схема включения транзистора, оформленная по правилам ГОСТ. На отдельном листе приводятся входные и выходные статические характеристики транзистора (смотри приложение), начерченные таким образом, чтобы внизу и справа осталось место для построения осциллограмм. Используя методические указания по выполнению графо-аналитического расчета, записываются все этапы выполнения, приводятся расчетные формулы и сам расчет с подстановкой численных значений. Все значения, определяемые на графиках, записываются в соответствующих пунктах. По окончании выполнения расчета на чертеже схемы около обозначения резисторов проставляются их номинальные значения.

!!! На всех приводимых характеристиках обязательно проставляются значения по осям, также строится координатная сетка.

Практическая работа 1

«Исследование параметров электрических цепей»

Цель работы: исследование параметров электрических цепей различными способами, используя законы Ома и Кирхгофа для теоретических расчетов и программу *Multisim* для экспериментального исследования.

Задания для выполнения

Провести исследование электрических параметров простейшей резистивной цепи, представленной на рисунке 14.

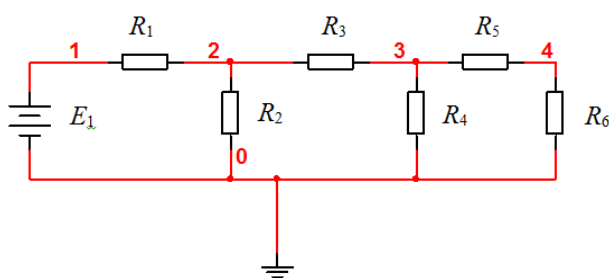


Рис. 14. Схема для расчета и исследования резистивной цепи

1. В соответствии с законами Ома и Кирхгофа провести теоретический расчет параметров электрической цепи (определить силу тока в цепи и падение напряжения на каждом элементе схемы) в соответствии с Вашим вариантом. N соответствует цифрам в зачетке или студенческом билете: $R_1 = N_1$ Ом – первая цифра, $R_2 = N_2$ Ом – вторая цифра, и далее). В случае, если $N=0$, то принять значение =10 Ом. Напряжение источника ЭДС (E_1) выбирается произвольно, в диапазоне от 10 до 20 В.

1.1. Нарисовать схему исследования в соответствии с Вашим вариантом, указав номиналы элементов.

1.2. Провести расчет, постепенно сворачивая схему в результате замены эквивалентными элементами. Все промежуточные расчеты с указанием размерностей параметров схемы и преобразованные схемы необходимо представить в отчете.

1.3. Результаты расчетов оформить в виде таблицы (табл. 4) для одного источника.

2. Провести моделирование процесса работы схемы в программном пакете Multisim. Собрать схему исследования в соответствии с Вашим вариантом, предусмотрев место для подключения измерительных приборов. Подключать измерительные приборы в соответствии с заданиями 2.1–2.4, давая каждой схеме имя, соответствующее виду измерений.

2.1. Определить силу тока на каждом участке схемы с помощью амперметров. Результаты моделирования занести в табл. 4 в соответствующий столбец. Сохранить файл с моделью исследования на флэшку и фотографию результатов моделирования (обрезанный скрин экрана) в отчет.

2.2. Определить величину и полярность напряжения на каждом элементе схемы с помощью вольтметров. Полученные результаты моделирования занести в табл. 4 в соответствующий столбец. Сохранить файл с моделью исследования на флэшку и фотографию результатов моделирования в отчет.

Таблица 4

Параметры схемы		Результаты расчетов	Результаты измерений		
			Измерения амперметром и вольтметром	Измерения динамическими пробниками	Измерения мультиметрами
$R1 =$	$U_{R1}, \text{В}$				
	$I_{R1}, \text{А}$				
$R2 =$	$U_{R2}, \text{В}$				
	$I_{R2}, \text{А}$				
.....					
					
$R6 =$	$U_{R6}, \text{В}$				
	$I_{R6}, \text{А}$				

2.3. Определить силу тока на каждом участке схемы, величину и полярность напряжения на каждом элементе с помощью динамических пробников. Сохранить файл с моделью исследования на флэшку и фотографию результатов моделирования в отчет. Полученные результаты моделирования занести в табл. 4 в соответствующий столбец.

2.4. Определить силу тока на двух произвольных участках схемы и величину напряжения на двух произвольных элементах схемы с помощью мультиметров.

Использовать два виртуальных и два аналога реальных мультиметров. Каждый тип прибора использовать для измерения тока и напряжения, подключая соответствующим образом. Сохранить файл с моделью исследования на флэшку и фотографию результатов моделирования в отчет. Полученные результаты моделирования занести в табл. 4 в соответствующий столбец.

3. Все результаты расчетов и измерений свести в таблицу 4. Провести сравнительный анализ результатов теоретического расчета и компьютерного моделирования. Письменно сделать выводы по всему заданию.

Вопросы для защиты работы

1. Назовите законы электротехники, которые использовали в теоретическом расчете исследуемой цепи.
2. Представьте расчет схемы, заданной преподавателем.
3. Поясните способы подключения различных измерительных приборов в исследуемую цепь.
4. Определите значение эквивалентного сопротивления вместо трех резисторов, включенных параллельно.
5. Определите значение эквивалентного сопротивления вместо трех резисторов, включенных последовательно.

Практическая работа 2

«Исследование параметров напряжения в схемах с дискретными полупроводниковыми элементами»

Провести исследование параметров напряжения в схемах с дискретными полупроводниковыми элементами (рис. 33) в программном пакете Multisim в соответствии с вариантом.

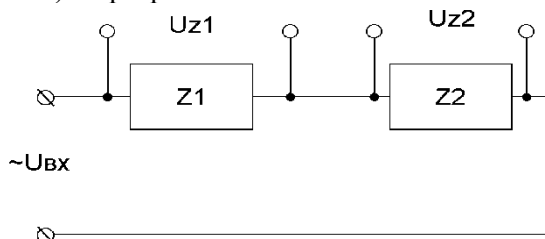
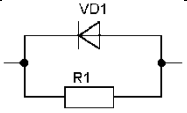
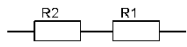
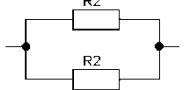
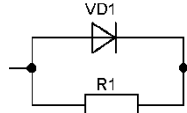
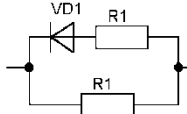
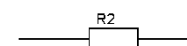
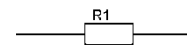
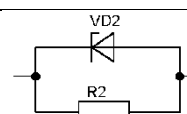
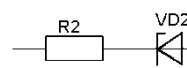
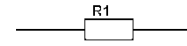


Рис. 33. Схема исследования

1. Собрать схему исследования с полупроводниковым диодом, подключить измерительные приборы. Провести исследование параметров напряжений в схеме в соответствии с Вашим вариантом (табл. 15). Величина сопротивления $R1=1\text{кОм}$, $R2=2\text{кОм}$.
2. С источника переменного напряжения подать на схему гармонический сигнал амплитудой 50 Вольт и частотой 100 Герц.
3. С помощью виртуального двухканального осциллографа измерить параметры напряжений на участках цепи.
4. С помощью виртуального четырехканального осциллографа измерить параметры напряжений на участках цепи.
5. С помощью двухканального осциллографа смешанных сигналов Agilent измерить параметры напряжений на участках цепи.

Таблица 15

Номер варианта	Элементы схемы
----------------	----------------

1, 6	Z1	
	Z2	
2, 7	Z1	
	Z2	
3, 8	Z1	
	Z2	
4, 9	Z1	
	Z2	
5, 0	Z1	
	Z2	

- С помощью четырехканального осциллографа Tektronic измерить параметры напряжений на участках цепи.
- Под каждой осциллограммой выполнить расчет величин напряжений по каждому из каналов, указать, на каком из элементов это напряжение измерялось. На осциллограммах сделать выноски с соответствующими надписями для обеих полуолн.
- Полученные результаты моделирования занести в таблицу 16. Провести сравнительный анализ результатов и письменно сделать выводы о полученных результатах, особенностях использования осциллографов.

Таблица 16

Параметры схемы		Результаты измерений			
		2-х канальным осциллографом	4-х канальным осциллографом	Осциллографом <i>Agilent</i>	Осциллографом <i>Tektronic</i>
$U_{вх}$	«+» полуолна				
	«-» полуолна				
U_{z1}	«+» полуолна				
	«-» полуолна				

U_{z2}	«+» полуволна				
	«-» полуволна				

Вопросы для допуска к работе

1. Представьте буквенно-графическое изображение полупроводниковых диодов.
2. Представьте буквенно-графическое изображение стабилитронов.
3. Представьте буквенно-графическое изображение тиристоров, динисторов и симисторов.

Контрольные вопросы и задания

1. Изобразите ВАХ выпрямительного диода и поясните его состояния при прямой и обратной полуволнах входного напряжения.
2. Изобразите ВАХ опорного диода (стабилитрона) и поясните его состояния при прямой и обратной полуволнах входного напряжения.
3. Изобразите ВАХ тиристора и поясните его состояния при прямой и обратной полуволнах входного напряжения.

Практическая работа 3

Расчёт однофазного неуправляемого выпрямителя

Разработать схему мостового выпрямителя на полупроводниковых диодах с индуктивно-емкостным LC -фильтром для выпрямления однофазного синусоидального напряжения. Исходные данные к задаче (напряжение сети U_1 , номинальное напряжение нагрузки U_d , номинальная мощность нагрузки P_d , допустимый коэффициент пульсаций K_n) приведены в таблице 17. Частота питающего напряжения $f = 50$ Гц. Необходимо выбрать тип вентиля, трансформатора, рассчитать параметры фильтра. Описать принцип работы схемы, осуществить моделирование её работы в среде Multisim.

Таблица 17.

Номер варианта	U_1 , В	U_d , В	P_d , Вт	K_n , %
1	220	12	20	0,1
2	220	24	35	0,2
3	220	36	45	0,3
4	110	40	40	0,4
5	110	24	10	0,5
6	220	18	50	0,6

Продолжение таблицы 17

Номер варианта	U_1 , В	U_d , В	P_d , Вт	K_n , %
7	220	15	30	0,4
9	110	36	30	0,9
10	110	24	15	1,0
11	220	12	60	0,8
12	110	24	25	0,3
13	220	36	45	0,2
14	220	40	30	0,4
15	110	24	20	0,5
16	220	18	55	0,1
17	110	15	10	0,1
18	110	12	20	0,9
19	220	36	60	0,2
20	220	24	65	0,4
21	220	12	70	0,3
22	110	24	30	0,7

23	110	36	15	0,1
24	220	40	45	0,3
25	220	24	35	0,4
26	110	18	25	0,5
27	110	15	30	0,6
28	110	12	45	0,9
29	220	36	80	0,7
30	110	24	25	0,5
Для примера расчета	220	50	30	0,7

Номер варианта выбирается как целое от $SQRT$ {трех последних цифр зачетной книжки}.

Пример расчета

Схема однофазного мостового выпрямителя с LC -фильтром приведена на рисунке 34.

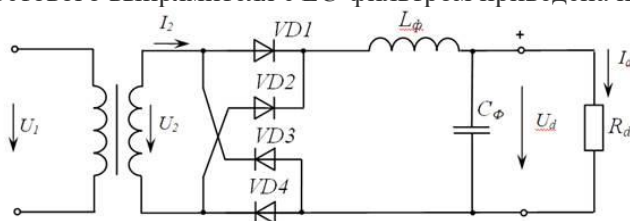


Рис. 34. Схема однофазного мостового выпрямителя с индуктивно-емкостным LC -фильтром

Ток нагрузки равен:

$$I_d = \frac{P_d}{U_d} = \frac{30}{50} = 0,6 \text{ A.}$$

Сопротивление нагрузки

$$R_d = \frac{U_d}{I_d} = \frac{50}{0,6} = 83,3 \text{ Ом.}$$

Для однофазного мостового выпрямителя среднее значение прямого тока через вентиль (выпрямительный диод) определяется как

$$I_a = \frac{I_d}{2} = \frac{0,6}{2} = 0,3 \text{ A.}$$

Обратное максимальное напряжение на вентиле равно:

$$U_{a \text{ обр max}} = 1,57 \cdot U_d = 1,57 \cdot 50 = 78,5 \text{ В.}$$

Выбираем вентили (выпрямительные диоды) 1N5402 (ссылка на справочник диодов в Интернет: <http://www.mastervintik.ru/kratkie-karakteristiki-importnyx-diodev/>) с параметрами:

максимальный прямой ток $I_{p \text{ max}} = 3 \text{ A} > I_a = 0,3 \text{ A}$;

максимально допустимое обратное напряжение

$$U_{\text{обр max}} = 200 \text{ В};$$

$$U_{a \text{ обр max}} = 78,5 \text{ В.}$$

$$U_{\text{обр max}} > U_{a \text{ обр max}}.$$

Для выбранного диода в Интернете находим максимальное напряжение в открытом состоянии $U_{\text{пр max}}$ (для нашего примера $U_{\text{пр max}} = 1,1 \text{ В}$).

Для однофазного мостового выпрямителя действующее значение вторичного напряжения равно:

$$U_2 = 1,11 \cdot U_d + 2 \cdot U_{\text{пр max}} = 1,11 \cdot 50 + 2 \cdot 1,1 = 57,5 \text{ В.}$$

Расчётная мощность трансформатора определяется как

$$S_{\text{рас}} = 1,23 \cdot 30 = 36,9 \text{ В} \cdot \text{А}$$

Выбираем трансформатор (электронный справочник — <https://www.radiolibrary.ru/reference/transformers-tpp-page2.html>) ТПП 271-127/220-50:

$$S_{\text{спр}} = 57,0 \text{ В} \cdot \text{А} > S_{\text{рас}} = 36,9 \text{ В} \cdot \text{А.}$$

При последовательном соединении вторичных обмоток А, Б, В, Г получаем $U_2 = 9,95 + 10 + 20 + 20 = 59,95 \text{ В}$.

Тогда коэффициент трансформации

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{59,95} = 3,67, 1/K = 0,272$$

Коэффициент пульсаций на выходе однофазного мостового выпрямителя без фильтра $K_n = 0,67$. Требуемый коэффициент пульсаций $K_n = 0,007$.

Коэффициент сглаживания фильтра равен:

$$S = \frac{K_n}{K_n} = \frac{0,67}{0,007} = 95,71$$

Для LC-фильтра

$$L_\phi C_\phi = \frac{S_{LC} + 1}{(2 \cdot \pi \cdot f \cdot m)^2} = \frac{95,71}{(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 2)^2} = 2,45 \cdot 10^{-4} \text{ Гн} \cdot \text{Ф},$$

Где m – коэффициент, зависящий от схемы выпрямителя и показывающий, во сколько раз частота основной гармоники выпрямленного напряжения больше частоты тока сети (для мостовой схемы $m=2$).

Зададимся величиной C_ϕ . (например, $C_\phi = 200 \text{ мкФ}$). Тогда

$$L_\phi = \frac{L_\phi C_\phi}{C_\phi} = \frac{2,45 \cdot 10^{-4}}{200 \cdot 10^{-6}} \approx 1,23 \text{ Гн}.$$

Параметры фильтра $C_\phi = 200 \text{ мкФ}$, $L_\phi = 1,23 \text{ Гн}$ удовлетворяют условиям эффективной работы:

$$\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot m \cdot C_\phi} \ll R_d; 2\pi \cdot f \cdot m \cdot L_\phi \gg R_d;$$

$$7,96 \ll 83,3; 770,02 \gg 83,3.$$

35. Модель однофазного неуправляемого мостового выпрямителя с фильтром приведена на рисунке

Для моделирования в версии Multisim 10.0 лучше взять трансформатор TS_IDEAL и в свойствах трансформатора установить соответствующие параметры (рис. 36).

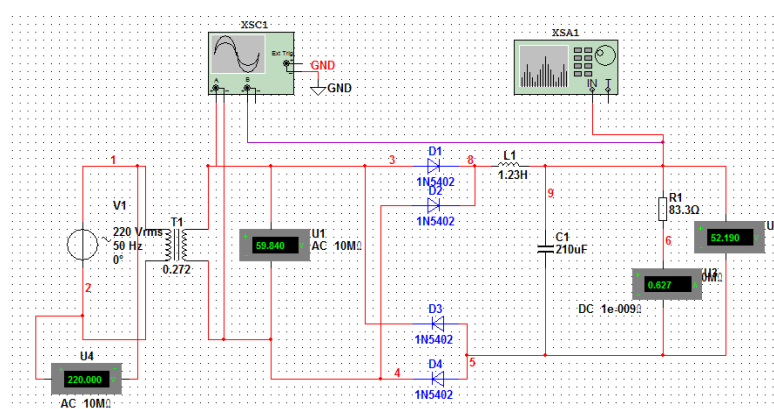


Рис. 35. Модель мостового выпрямителя с индуктивно-емкостным фильтром

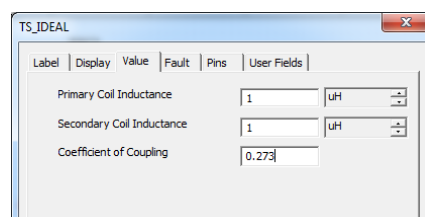


Рис. 36. Настройка параметров трансформатора.

В последней графе вводится рассчитанный коэффициент трансформации (3,67), в версии Multisim 10.0 устанавливается величина $1/K = 0,273$. По результату моделирования и характеристикам выбранного трансформатора подобрать напряжение вторичной обмотки трансформатора U_2 (как сумму напряжений вторичных обмоток выбранного трансформатора), что бы на выходе значение U_d , было максимально близко к заданному.

Результаты моделирования: $U_2 = 59,840 \text{ В}$, $I_d = 0,627 \text{ А}$, $U_d = 52,191 \text{ В}$ (задано $U_d = 50 \text{ В}$), что соответствует заданию. Осциллограммы напряжений в контрольных точках приведены на рисунке 37.

Коэффициент пульсаций на нагрузке

$$K_H = \frac{U_{1m}}{U_d} = \frac{0,355}{52,191} = 0,0068,$$

что удовлетворяет заданию $K_H=0,7\% \geq 0,0068 \cdot 100 \%$.

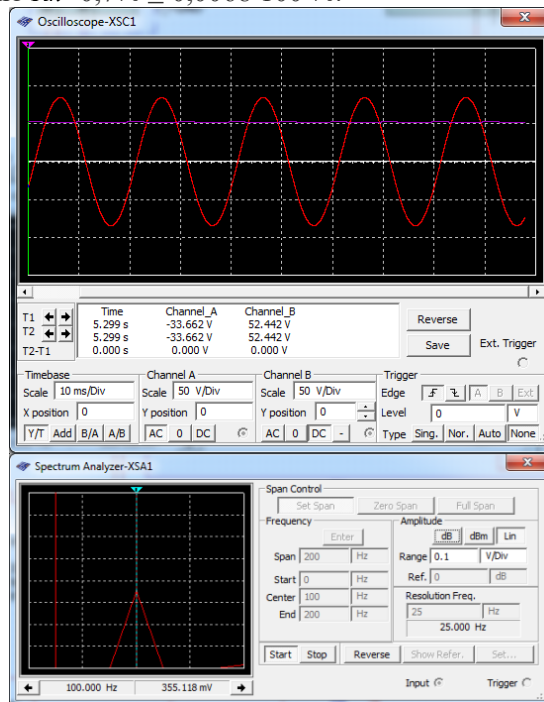


Рис. 37. Осциллограммы напряжения вторичной обмотки трансформатора U_2 , выпрямленного напряжения U_d и значение первой гармоники U_{1m} выпрямленного напряжения

Амплитуда первой гармоники выпрямленного напряжения U_{1m} находится с помощью анализатора спектра XSA 1 на удвоенной частоте питающего напряжения $f_1=2f=2 \cdot 50=100$ Гц (рис. 37.).

Далее провести исследование зависимости коэффициента пульсаций от величины C_ϕ и величины L_ϕ в Multisim. Для исследований поочередно изменять C_ϕ и L_ϕ . После исследования с одним из измененных параметров его необходимо вернуть в исходным значениям, а затем изменять второй. Например, C_ϕ увеличить в 10 раз, а затем уменьшить в 10 раз от первоначального значения. Провести исследования, сделать вывод о влиянии величины емкости фильтра на коэффициент пульсаций. Затем при базовом значении емкости величину L_ϕ уменьшить в 2 раза, а затем увеличить в 2 раза от базового значения и рассчитать K_H по первой гармонике для каждого случая. Записать выводы о влиянии индуктивности. Затем C_ϕ уменьшить в 10 раз, а величину L_ϕ увеличить в 2 раза от первоначальных значений и рассчитать K_H по первой гармонике. Сделать выводы.

Требования к оформлению отчетов

По результатам выполнения лабораторных и практических работ необходимо представить отчет в формате MS Word или PDF. Отчет должен содержать титульный лист с названием работы, номером варианта и указанием автора; задание; схему исследования; расчетную часть; результаты моделирования в пакете Multisim; необходимые графики; выводы.

Практическая работа 4

«Исследование идеального источника постоянной ЭДС»

Идеальным (с внутренним сопротивлением $R_i = 0$) источником напряжения называют активный элемент, напряжение на зажимах которого не зависит от протекающего через него тока. Отдаваемая мощность не ограничена, напряжение на зажимах не изменяется при увеличении тока. В Multisim идеальный источник напряжения находится в группе Source.

Цель работы: изучение работы идеального источника постоянной ЭДС, подтверждение теоретических знаний экспериментальными исследованиями.

Задания для выполнения

6. Собрать схему, представленную на рис. 15. Параметры элементов установить в соответствии с номером Вашего варианта N по последней цифре Вашей зачетки.

Из группы компонентов *Sources* выбрать 4 идеальных источника ЭДС и поместить их на рабочий стол, расположив, как показано на рис. 15. Щелкнув правой клавишей мыши по элементу и выбрав в появившемся меню команду *Properties*, в появившемся окне задать величину ЭДС и обозначение источника (как указано на рис. 15). Повторить эту операцию для всех компонентов. Выбрав опцию *Font* из меню *Edit* установить желаемый размер, стиль и цвет шрифта.

Из группы компонентов *Basic* выбрать 4 резистора и 8 переключателей (*Switch*), поместить их на рабочий стол, повернуть командой *Rotate* и расположить, как показано на рис. 15. С помощью описанной выше процедуры задать величины сопротивлений (по варианту) и их обозначения, а также параметр *Value* переключателей. Значение параметра соответствует клавише, с помощью которой будет переключаться переключатель (также возможно изменение положения переключателя с помощью мыши).

Из группы компонентов *Place Indicator* выбрать необходимые амперметр и вольтметр, поместить их на рабочий стол. Изменить буквенное обозначение измерительных приборов. После этого соединить все компоненты проводниками в соответствии со схемой.

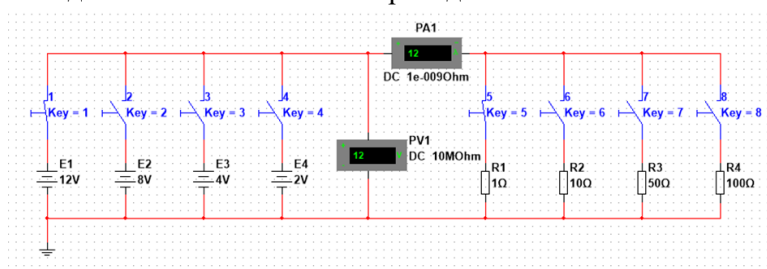


Рис. 15. Схема исследования идеального источника напряжения

2. Провести теоретический расчет параметров исследуемой цепи в соответствии с законами Ома и Кирхгофа и представить в отчете. Все расчеты произвести для одного из источников ЭДС. Результаты расчета оформить в виде таблицы, аналогично табл. 5.

3. Провести моделирование исследуемой цепи.

Переключателем [1] подключить источник $E1$ к цепи, переключателем [5] – сопротивление $R1$ (остальные ключи разомкнуты). Запустить моделирование командой *Simulate / Run* меню *Analysis* или кнопкой .

Значение напряжения U_1 снимать с вольтметра $pV1$, значение тока I_1 снимать с амперметра $pA1$.

Полученные результаты измерений занести в таблицу 5. Повторить измерения, поочередно с помощью переключателей [6]–[8] подключая резисторы $R2$ – $R4$. Результаты измерений занести в таблицу 5.

Подключить одновременно два произвольных сопротивления R_n и R_m , замкнув соответствующие ключи. Повторить измерения.

Повторить указанный цикл измерений для источников $E2$ – $E4$.

Результаты измерений занести в табл. 5.

4. По результатам измерений построить в одних осях 4 нагрузочные характеристики идеальных источников постоянной ЭДС ($U = f(I)$), подписав рядом с каждым графиком название исследуемого источника.

5. Провести сравнительный анализ теоретических расчетов и результатов моделирования с помощью программного пакета Multisim.

6. На основании анализа письменно сформулировать выводы и представить в отчете по работе.

Таблица 5

Параметры схемы		$E1 = N \text{ В}$	$E2 = 2N \text{ В}$	$E3 = 3N \text{ В}$	$E4 = 4N \text{ В}$
$R1 = 5N \text{ Ом}$	$U_{r1}, \text{ В}$				
	$I_1, \text{ А}$				
$R2 = 20N \text{ Ом}$	$U_{R2}, \text{ В}$				
	$I_2, \text{ А}$				
$R3 = 15N \text{ Ом}$	$U_{R3}, \text{ В}$				
	$I_3, \text{ А}$				
$R4 = 10N \text{ Ом}$	$U_{R4}, \text{ В}$				
	$I_4, \text{ А}$				

R_n и R_m Ом	U_R , В				
	I , А				

Вопросы для защиты

1. Как рассчитать величину эквивалентного сопротивления для трех сопротивлений, включенных в цепь параллельно?
2. Назовите и покажите на схеме измерительные приборы. Объясните их способ подключения. Докажите, что исследуемый источник – идеальный.
3. Какие будут показания вольтметра и амперметра при включении сразу двух источников?

Практическая работа 5

«Исследование модели источника ограниченной мощности»

Модель источника ограниченной мощности (неидеального источника) может быть создана двумя способами – включая сопротивление R_i последовательно с идеальным источником напряжения или параллельно с идеальным источником тока (R_i – внутреннее сопротивление источника). Примеры представлены на рис. 16.

Цель работы: изучение работы источников постоянной ЭДС и постоянного тока ограниченной мощности, исследование влияния величины внутреннего сопротивления на нагрузочные характеристики каждого из источников, подтверждение теоретических знаний экспериментальными исследованиями.

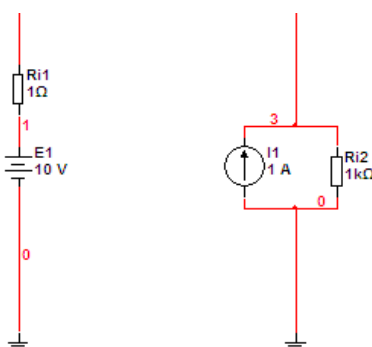


Рис. 16. Пример источников ограниченной мощности: слева – источник напряжения, справа – источник тока

Модель идеального источника тока следует выбрать из библиотеки источников тока (рис. 17).

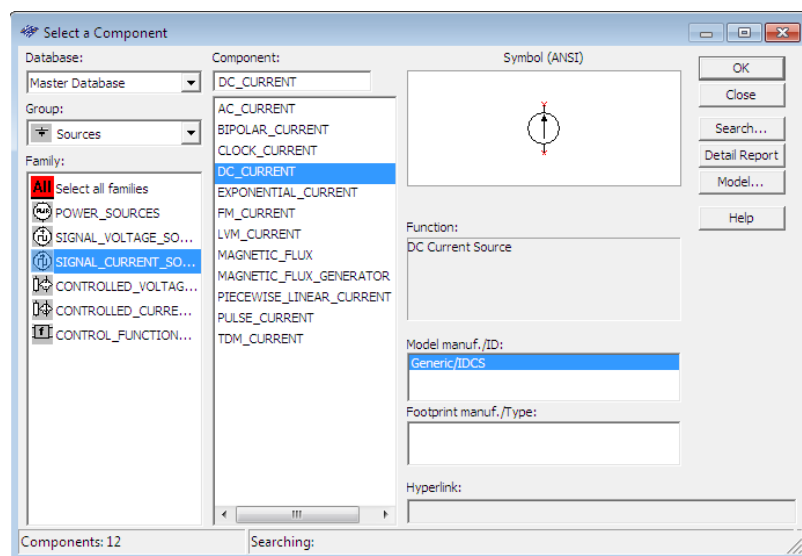


Рис. 17. Выбор источника постоянного тока

Задания для выполнения

1. Собрать схему исследования источника напряжения ограниченной мощности (для нечетного варианта N) или источника тока ограниченной мощности (для четного варианта N), представленную на рис. 18. Предварительно необходимо установить одно из трех значений R_i указанного диапазона. Номер варианта определяется по сумме двух последних цифр студенческого билета.

R_{i1} изменяется в диапазоне от 1 мОм до 1 Ом и параметры источника ЭДС $E1=N$ Вольт для источника напряжения.

R_{i2} изменяется в диапазоне от 10 Ом до 0,1 МОм, величину тока источника $I1$ установить равную $0,1N$ Ампер для источника тока.

2. Поочередно размыкая и замыкая ключи 3–6 у резисторов, и, измеряя ток и напряжение в цепи, заполнить таблицу 6 результатов измерений, указав значения величин исследуемых сопротивлений. Подключить соответствующий варианту источник с помощью ключа 1 или 2 на систему из нагрузочных резисторов ($R1$ – $R4$), параметры которых указаны в табл. 6. Ключ другого источника оставить разомкнутым.

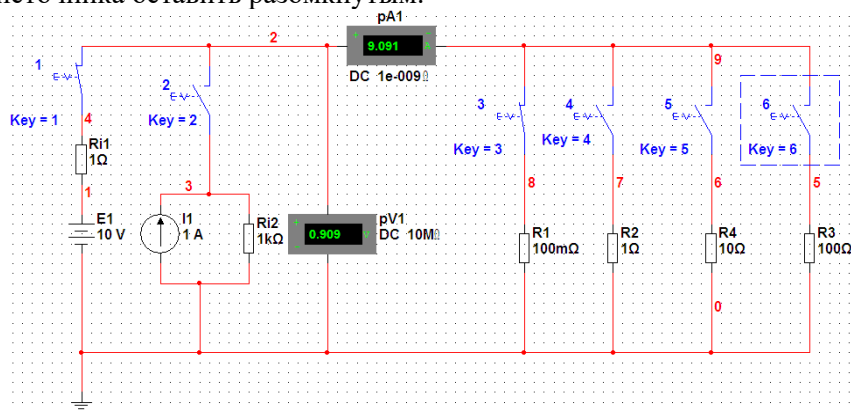


Рис. 18. Схема исследования источников ограниченной мощности

Таблица 6

Источник напряжения $E1$ (или тока $I1$) при $R_i =$ Ом		
Сопротивление	Напряжение $U1$ ($pV1$), В	Ток $I1$ ($pA1$), А
$R1 = 0,1N$, Ом		
$R2 = N$, Ом		
$R3 = 10N$, Ом		
$R4 = 100N$, Ом		

Повторить исследования с двумя другими значениями R_i из указанного диапазона. Результаты занести в таблицы, аналогичные таблице 6.

3. По результатам измерений построить нагрузочные характеристики исследуемого источника ограниченной мощности (источников напряжения или источников тока) при различных значениях внутреннего сопротивления источника ($U=f(I_n)$ при $R_i = \text{const}$). Около каждой характеристики подписать параметры исследуемого источника и величину внутреннего сопротивления.

4. Достроить на полученном семействе характеристику идеального источника (неограниченной мощности).

5. На основании проведенных исследований письменно сформулировать выводы о влиянии величины внутреннего сопротивления на свойства каждого из источников ограниченной мощности.

Вопросы для защиты

1. Сформулируйте определение источника ограниченной мощности.
2. Как величина внутреннего сопротивления влияет на качество (нагрузочные характеристики) источника тока ограниченной мощности?
3. Как величина внутреннего сопротивления влияет на качество (нагрузочные характеристики) источника напряжения ограниченной мощности?

Практическая работа 6

Разработка схемы комбинационного устройства с одним выходом в заданном элементном базисе

Цель работы: изучить принцип создания схем на логических элементах в заданном элементном базисе. Разработать схему комбинационного устройства в базисе, указанном преподавателем, срабатывающую на коды, соответствующие четырем последним цифрам студенческого билета.

1. Записать цифры кода срабатывания устройства. Перевести каждую цифру в двоичный код.
2. Записать логическую функцию.
3. Составить таблицу истинности разрабатываемого устройства.
4. Упростить (минимизировать) логическую функцию, записать полученное выражение.
5. Перевести в заданный элементный базис.
6. Нарисовать принципиальную схему устройства.
7. Проверить работоспособность схемы в соответствии с таблицей истинности. Изменить буквенные обозначения элементов схемы в соответствии с ГОСТ.
8. Продемонстрировать работу в пакете Multisim, предварительно подключив ее к источнику питания и установив соответствующие индикаторы.

Практические работы 7. 8. Исследование схем ЦАП и АЦП

(8 схем)

Задания

Изучить работу ЦАП и АЦП.

Выполнить исследование работы устройств: при трех значениях входного сигнала; при двух значениях опорного напряжения.

Вопросы к защите работ

Объяснить назначение и принцип действия всех элементов схемы преобразования.

Указать достоинства и недостатки каждой из исследуемых схем.

Чем можно объяснить погрешность преобразования?

Кафедра радиотехники ВГАВТ

ЦИФРО-АНАЛОГОВЫЕ и АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

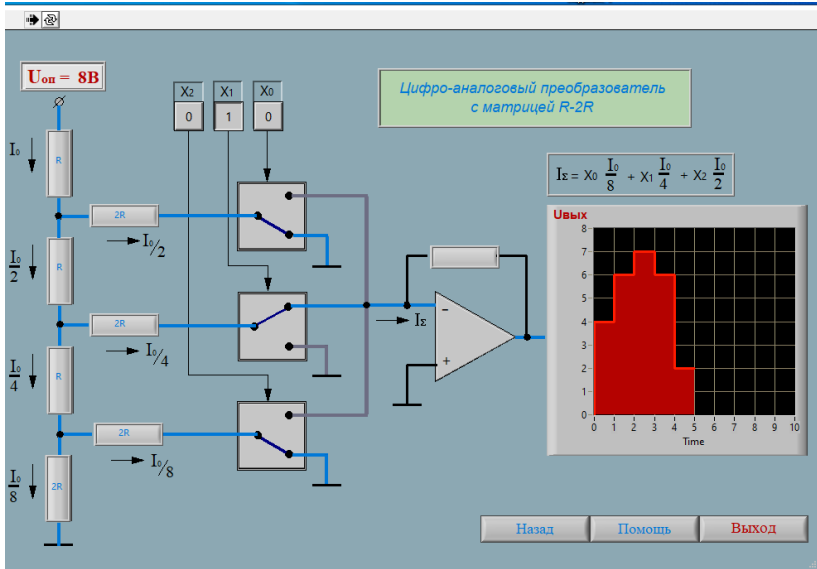
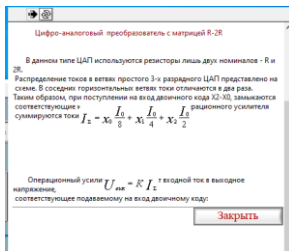
Комплекс лабораторных работ, предназначенных для студентов специальностей:
240600 - "Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики";
201300 - "Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования".

Разработали: Плюшаев В.И., Раева О.А.

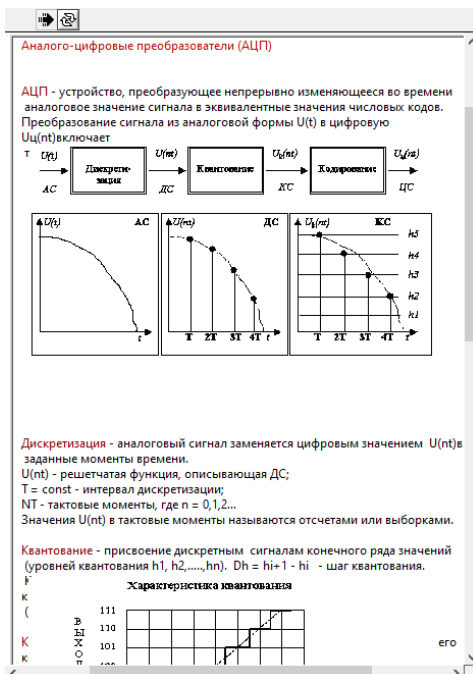
Для выбора схемы включения нажмите экранную кнопку

Послед.-параллельный АЦП	Устройство выборки-хранения	Послед. АЦП с двоич.-взвеш.прибл.
Посл. АЦП с ЦАП в цепи обр. св.	Параллельный АЦП 1	Параллельный АЦП 2
Интегрирующий АЦП	ЦАП с матрицей R-2R	Введение
		Выход

ЦАП



АЦП



[illegible]



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Понятие полупроводника и р-п-перехода. Полупроводниковые элементы.
2. Базовые соотношения для линейных электрических цепей. Линейные и нелинейные цепи. Характеристики электронных цепей.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плюшаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2

1. Полупроводниковые выпрямительные диоды. Назначение. Характеристики. Области применения.
2. Биполярные транзисторы и их характеристики. Области применения.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плюшаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО

ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное

учреждение высшего образования

«Волжский государственный

университет водного транспорта»

(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,

603951

Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3

1. Современные средства проектирования радиоэлектронных устройств.
2. Выпрямители, назначение, устройство и принцип работы.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО

ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное

учреждение высшего образования

«Волжский государственный

университет водного транспорта»

(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,

603951

Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №4

1. Возможности пакета Multisim при исследовании частотных свойств радиотехнических цепей.
2. Стабилитроны. Назначение. Характеристики. Области применения.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №5

1. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы. Приборы на основе внешнего и внутреннего фотоэффекта.
2. Тиристоры: способы запираания, основные параметры, области применения.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №6

1. Полевые транзисторы: принцип действия, основные свойства. МДП-структуры.
2. Статические и динамические характеристики биполярных транзисторов. Частотные и импульсные свойства.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №7

1. Биполярные транзисторы: режимы работы, способы включения.
2. Стабилитроны: назначение, характеристики, применение.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №8

1. Роль электроники и микроэлектроники в развитии комплексной автоматизации современных производственных процессов и систем управления.
2. Полупроводниковые диоды: выпрямительные, высокочастотные, импульсные.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №9

1. Возможности пакета Multisim при исследовании временных характеристик радиотехнических цепей.
2. Вентильное свойство р-п перехода. Вольт-амперная характеристика.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №10

1. Тиристоры, назначение, принципы работы, ВАХ, разновидности.
2. Основные параметры и характеристики усилителей. Требования к усилителям.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное

учреждение высшего образования

«Волжский государственный

университет водного транспорта»

(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,

603951

Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №11

1. Исследование процессов в цепях переменного тока с помощью пакета Multisim.
2. Усилители переменного напряжения.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное

учреждение высшего образования

«Волжский государственный

университет водного транспорта»

(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,

603951

Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №12

1. Принцип построения и режимы работы усилителя постоянного тока. Схемы включения и характеристики.
2. Биполярные транзисторы, принцип работы, семейства характеристик.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №13

1. Усилители мощности.
2. Схемы включения биполярных транзисторов и их особенности.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №14

1. Общие сведения об усилителях. Классификация.
2. Назначение и классификация электронных ключей.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное

учреждение высшего образования

«Волжский государственный

университет водного транспорта»

(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,

603951

Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №15

1. Общие сведения об электроизмерительных приборах. Способы включения приборов в цепь.
2. Импульсные сигналы. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное

учреждение высшего образования

«Волжский государственный

университет водного транспорта»

(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,

603951

Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №16

1. Использование пакета Multisim для моделирования работы радиотехнических схем.
2. Смешанное соединение элементов цепи.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное

учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951

Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №17

1. Использование пакета Multisim для моделирования работы радиотехнических схем.
2. Последовательное соединение элементов электрической цепи.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плюшаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное

учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951

Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №18

1. Законы Ома и Кирхгофа.
2. Основные понятия и определения переменного тока.
Действующие и амплитудные значения синусоидальных э. д. с., напряжения и тока.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плюшаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №19

1. Роль электроники и микроэлектроники в развитии комплексной автоматизации современных производственных процессов и систем управления.
2. Назначение и основные свойства компараторов.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное
образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность автоматизированных
систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №20

1. Операционные усилители. Параметры и характеристики. Применение при фильтрации сигналов и в генераторах.
2. Электрические цепи постоянного тока. Основные законы, расчет параметров.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Роль электротехники и электроники в развитии комплексной автоматизации современных производственных процессов и систем управления.
2. Запоминающие устройства. Основные параметры, классификация. Постоянные (ПЗУ) запоминающие устройства. Основные характеристики ЗУ. Структура запоминающих устройств. Программируемые при изготовлении (масочные) ПЗУ.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2

1. Назначение логических элементов. Графическое и буквенное обозначение на электрических схемах. Принципы работы.
2. Запоминающие устройства. Основные параметры, классификация. Постоянные (ПЗУ) запоминающие устройства. Основные характеристики ЗУ. Структура запоминающих устройств. ПЗУ с однократным программированием, перепрограммируемые ПЗУ.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3

1. Современные средства проектирования радиоэлектронных устройств.
2. . Запоминающие устройства. Основные параметры, классификация. Оперативные (ОЗУ) запоминающие устройства. Основные характеристики ЗУ. Структура запоминающих устройств. Способы хранения информации ОЗУ

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №4

1. Возможности пакета Multisim при исследовании частотных свойств радиотехнических цепей.
2. Цифровые устройства. Основы теории логических функций. Основные логические элементы. Таблицы истинности логических элементов. Принцип двойственности в алгебре Буля.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №5

1. Цифровые устройства. Основы теории логических функций. Правила и теоремы алгебры Буля.
- 2.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №6

1. Цифровые устройства. Элементная база цифровых устройств. Интегральные микросхемы (ИМС) комбинационных устройств. Шифраторы. Дешифраторы. Назначение. Принцип функционирования. УГО микросхем.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №7

1. Цифровые устройства. Элементная база цифровых устройств. Интегральные микросхемы (ИМС) комбинационных устройств. Преобразователи кодов. Назначение. Принцип функционирования. УГО микросхем.
2. Общие сведения о триггерах, их назначение, условное обозначение.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №8

1. Цифровые устройства. Основы теории логических функций. Теоремы де Моргана. Правила и теоремы алгебры Буля (Словесный, табличный, алгебраический способы задания функции, переход от структурной формулы к логической схеме).
2. Регистры. Общие принципы построения и работы.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №9

1. Возможности пакета Multisim при исследовании временных характеристик радиотехнических цепей.
2. Цифровые устройства. Основы теории логических функций. Теоремы де Моргана. Правила и теоремы алгебры Буля. Минимизация функций методом карт Карно.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №10

1. Цифровые устройства. Цифровые коды и операторы. Системы счисления. Перевод чисел из одной системы счисления в другую. Кодирование чисел.
2. Назначение и основные параметры счетчиков импульсов.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №11

1. Исследование процессов в цепях переменного тока с помощью пакета Multisim.
2. Цифровые устройства. Элементная база цифровых устройств. Интегральные микросхемы (ИМС) комбинационных и последовательностных устройств.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плюшаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №12

1. Мультиплексоры. Назначение. Принцип функционирования. УГО микросхем.
2. Назначение и основные параметры компараторов.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плюшаев В.И./



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №13

1. Кольцевые счетчики.
2. Цифровые устройства. Элементная база цифровых устройств. Интегральные микросхемы (ИМС) комбинационных и последовательностных устройств. Демультимплексоры. Назначение. Принципы функционирования. УГО микросхем.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №14

1. Цифровые устройства. Элементная база цифровых устройств. Интегральные микросхемы (ИМС) последовательностных устройств. Триггеры. (Асинхронные RS- триггеры. Синхронные RS-триггеры. D- триггеры. T-триггеры).
2. Общие принципы построения и работы цифро-аналогового преобразователя (ЦАП).

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №15

1. Преобразователи напряжения в код. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП).
2. Цифровые устройства. Элементная база цифровых устройств. Интегральные микросхемы (ИМС) последовательностных устройств. Триггеры. (Асинхронные RS- триггеры. Синхронные RS-триггеры. D-триггеры. T-триггеры).

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №16

1. Использование пакета Multisim для моделирования работы радиотехнических схем.
2. Элементная база цифровых устройств. Интегральные микросхемы (ИМС) последовательностных устройств. Регистры. Последовательные регистры (регистры сдвига).

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плющаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №17

1. Использование пакета Multisim для моделирования работы радиотехнических схем.
2. Элементная база цифровых устройств. Интегральные микросхемы (ИМС) последовательностных устройств. Цифровые счетчики импульсов.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плюшаев В.И./



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №18

1. Булева алгебра. Основные законы и тождества.
2. Интегральные микросхемы (ИМС) последовательностных устройств. Цифровые счетчики импульсов. Двоичные счетчики с последовательным переносом.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плюшаев В.И./



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №19

1. Роль электроники и микроэлектроники в развитии комплексной автоматизации современных производственных процессов и систем управления.
2. Цифровые устройства. Элементная база цифровых устройств. Интегральные микросхемы (ИМС) последовательностных устройств. Регистры. Реверсивные регистры.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плюшаев В.И./



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)
ул. Нестерова, 5, Нижний Новгород,
603951
Тел. (831)419 – 79 – 51

Кафедра «Радиоэлектроники» 20__ - 20__ учебный год
Экзамен по дисциплине «Электроника и схемотехника»
Специальность/направление подготовки 10.05.03
«Информационная безопасность автоматизированных систем»
Специализация/профиль __ «Безопасность
автоматизированных систем на транспорте (по видам) »

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №20

1. Элементная база цифровых устройств. Интегральные микросхемы (ИМС) последовательностных устройств. Регистры. Параллельные регистры (регистры памяти).
2. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Назначение, классификация, принципы действия, характеристики.

Заведующий кафедрой, проф. _____ /Плюшаев В.И./

Тесты по дисциплине «Электроника и Схемотехника»

Контролируемые компетенции

ОПК-4. Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности

п/п	Виды тестовых заданий	Пример оформления тестового задания
1.	Тестовое задание закрытого типа с выбором ответа	При каком типе соединения потребителей общее сопротивление равно сумме всех сопротивлений? А) При последовательном Б) При параллельном В) При смешанном Г) При кольцевом <i>Запишите букву правильного ответа</i>
2.	Тестовое задание закрытого типа с выбором ответа	Что делает выпрямительный диод? А) Усиливает сигнал, Б) Преобразует переменный ток в пульсирующий постоянный, В) Запоминает бит информации, Г) Генерирует высокую частоту <i>Запишите букву правильного ответа</i>
3.	Тестовое задание закрытого типа с выбором ответа	Как правильно подключить вольтметр для измерения напряжения на участке цепи? А) Разорвав цепь и включив его последовательно Б) Параллельно измеряемому участку В) Вместо источника питания Г) Коротко замкнув провода <i>Запишите букву правильного ответа</i>
4.	Тестовое задание закрытого типа с выбором ответа	Какой вид АЦП обладает наилучшим быстродействием? А) Интегрирующий АЦП Б) Последовательный АЦП с единичным приближением В) Параллельный АЦП Г) Последовательно-параллельный АЦП <i>Запишите букву правильного ответа</i>
5.	Тестовое задание закрытого типа с выбором ответа	Алгебраическая функция трех переменных $F(ABC) = \overline{A}BC + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C + A\overline{B}C + ABC$ представлена: А) в дизъюнктивной нормальной форме; Б) в совершенной дизъюнктивной нормальной форме; В) в совершенной конъюнктивной нормальной форме; Г) в конъюнктивной нормальной форме.

		Запишите букву правильного ответа								
6.	Комбинированное задание (с выбором нескольких ответов)	Какие устройства относятся к пассивным компонентам? Выберите несколько вариантов ответа: А) резистор, Б) светодиод В) диод, Г), катушка индуктивности Д) конденсатор, Е) Транзистор. Отметьте правильные ответы								
7.	Тестовое задание закрытого типа на установление соответствия	Установите соответствие между компонентом и его функцией: <table><tr><td>А) Резистор</td><td>Б) Конденсатор</td><td>В) Светодиод</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr></table> 1) Излучение света при протекании тока 2) Накопление заряда, фильтрация помех 3) Ограничивает ток, создаёт падение напряжения Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:			А) Резистор	Б) Конденсатор	В) Светодиод			
А) Резистор	Б) Конденсатор	В) Светодиод								
8.	Комбинированное задание (с выбором нескольких ответов)	Какие признаки характерны для последовательного соединения нагрузок? А) Через все элементы течёт одинаковый ток Б) Общее напряжение равно сумме напряжений на элементах В) При перегорании одного элемента цепь разрывается полностью Г) Напряжение на каждом элементе всегда равно напряжению источника								
9.	Задача с ответом открытого типа	В схеме инвертирующего усилителя на операционном усилителе задано: входное напряжение = 200 мВ; $R_1 = 2 \text{ кОм}$; $R_{oc} = 16 \text{ кОм}$. Вычислить, чему будет равно напряжение на выходе при частоте входного сигнала 100 Гц? <table><tr><td>Формула</td><td>Ответ</td></tr><tr><td>$K_u =$</td><td></td></tr><tr><td>$U_{\text{вых}} =$</td><td></td></tr></table>			Формула	Ответ	$K_u =$		$U_{\text{вых}} =$	
Формула	Ответ									
$K_u =$										
$U_{\text{вых}} =$										
10.	Задача с ответом открытого типа	На судне три ответственных устройства (приёмник, передатчик, процессорный модуль) подключены к общей шине заземления через индивидуальные резисторы. Для ограничения токов утечки заданы максимальные рабочие токи каждого устройства в цепи заземления: $I_1 = 0,5 \text{ мА}$, $I_2 = 1,0 \text{ мА}$, $I_3 = 2,0 \text{ мА}$. Общий заземляющий резистор $R_3 = 1 \text{ кОм}$ включён последовательно с шиной на корпус судна.								

		1. Записать формулу для расчёта общего тока утечки $I_{\text{общ}}$. 2. Рассчитать: общий ток утечки (в мА), напряжение на заземляющем резисторе (в В) и мощность, рассеиваемую на нём (в мВт). В ответе укажите: ток (мА), напряжение (В), мощность (мВт). Округлите мощность до десятых. <table><tr><th>Формула</th><th>Ответ</th></tr><tr><td>$I =$</td><td>$I =$</td></tr><tr><td>$U =$</td><td>$U =$</td></tr><tr><td>$P =$</td><td>$P =$</td></tr></table>	Формула	Ответ	$I =$	$I =$	$U =$	$U =$	$P =$	$P =$
Формула	Ответ									
$I =$	$I =$									
$U =$	$U =$									
$P =$	$P =$									

Вопросы для собеседования по практическим работам

Контролируемые компетенции

ОПК-4. Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-4.3.1 основы и принципы построения различных аналоговых и цифровых электронных элементов и устройств, используемых в автоматизированных системах, промышленных установках и технологических комплексах

ОПК-4.У.1 уметь решать стандартные профессиональные задачи с применением методов математического анализа и моделирования

ОПК-4.В.1 владеть способами анализа и синтеза электронных устройств для решения задач профессиональной деятельности

(код компетенции, наименование компетенции, ИДК, наименование ИДК)

Перечень вопросов

1. Роль электротехники и электроники в развитии комплексной автоматизации современных производственных процессов и систем управления.

2. Электрические цепи постоянного тока.

3. Законы Ома и Кирхгофа.

4. Последовательное соединение элементов цепи.

5. Параллельное соединение элементов цепи.

6. Смешанное соединение элементов цепи.

7. Основные понятия и определения переменного тока.

8. Действующие и средние значения синусоидальных э. д. с., напряжения и тока.

9. Общие сведения об электроизмерительных приборах. Способы включения приборов в цепь.

10. Импульсные сигналы. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы.

11. Понятие полупроводника и р-п-перехода. Полупроводниковые элементы.

12. Полупроводниковые выпрямительные диоды. Назначение. Характеристики. Области применения.

13. Стабилитроны. Назначение. Характеристики. Области применения.

14. Биполярные транзисторы и их характеристики.

15. Полевые транзисторы.

16. Тиристоры. Назначение. Характеристики. Области применения.

17. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы и их элементы.

18. Выпрямители, назначение, устройство и принцип работы.

19. Общие сведения об усилителях. Классификация.

20. Основные параметры и характеристики усилителей. Требования к усилителям.

21. Принцип построения и режимы работы усилителя постоянного тока.

22. Операционные усилители.

23. Усилители переменного напряжения.

24. Усилители мощности.

25. Назначение и классификация электронных ключей.

26. Назначение логических элементов. Графическое и буквенное обозначение на электрических схемах.

27. Классификация логических элементов.

28. Способы реализации логических элементов. Параметры логических элементов.

29. Общие сведения об устройствах комбинационного типа.

29. Общие сведения о триггерах, их назначение, условное обозначение.

30. Регистры. Общие принципы построения и работы.

31. Назначение и основные параметры счетчиков импульсов.

32. Общие сведения о дешифраторах, назначение, условное обозначение.
33. Назначение и основные параметры компараторов.
34. Общие принципы построения и работы цифро-аналогового преобразователя (ЦАП).
35. Преобразователи напряжения в код. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП).
36. Запоминающие устройства. Основные параметры, классификация. Постоянные (ПЗУ) запоминающие устройства. Основные характеристики ЗУ. Структура запоминающих устройств. Программируемые при изготовлении (масочные) ПЗУ.
37. Запоминающие устройства. Основные параметры, классификация. Постоянные (ПЗУ) запоминающие устройства. Основные характеристики ЗУ. Структура запоминающих устройств. ПЗУ с однократным программированием, перепрограммируемые ПЗУ.
38. Запоминающие устройства. Основные параметры, классификация. Оперативные (ОЗУ) запоминающие устройства. Основные характеристики ЗУ. Структура запоминающих устройств. Способы хранения информации ОЗУ (статические и динамические ячейки).
39. Усилительные устройства. Операционные усилители (ОУ). Дифференциаторы. Схема, особенности.
40. Цифровые устройства. Основы теории логических функций. Основные логические элементы. Таблицы истинности логических элементов. Принцип двойственности в алгебре Буля.
41. Цифровые устройства. Основы теории логических функций. Правила и теоремы алгебры Буля.
42. Усилительные устройства. Усилители мощности (УМ). Двухтактный трансформаторный каскад. Схема, назначение элементов. Особенности схемы.
43. Усилительные устройства. Обратные связи в усилителях.

Заведующий кафедрой _____ /Плющаев В.И./
(подпись)