

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

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

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов
Кафедра электроники и радиофизики

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной работе

Д.В. Мулов



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы силовой преобразовательной техники
(наименование дисциплины)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
(код, наименование направления)

Промышленная электроника
(профиль подготовки)

Квалификация бакалавр
(бакалавр/специалист/магистр)

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

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Силовая электроника была и остается важнейшим направлением развития промышленной электроники. Функции этого направления – регулируемое преобразование электрической энергии. Важнейшие виды преобразования энергии: выпрямление переменного тока, регулирование выпрямленного напряжения (тока), инвертирование постоянного тока, преобразование частоты, преобразование числа фаз. Основные задачи, которые решала и решает энергетическая электроника, – создание элементной и аппаратной базы; развитие схемотехники; создание теории вентильных цепей, методов анализа и проектирования преобразователей электроэнергии; развитие методов и технических средств управления преобразователями электроэнергии. Решение этих задач и составляет основные этапы развития и становления современной энергетической электроники.

Цели дисциплины: изучение основных способов получения электрической энергии, значение основных параметров электрической энергии и электронных устройств; изучение основ построения и принципы действия важнейших схем преобразователей электрической энергии, принципа импульсного регулирования постоянного и переменного напряжения их использования в системах промышленного электропривода и технологических установках.

Задачи дисциплины: овладение знаниями по вопросам принципа действия важнейших схем преобразователей, проектирования, методам их синтеза, расчета параметров и характеристик силовых электронных ключей и преобразователей, выбора структурной схемы систем управления преобразователей.

Дисциплина нацелена на формирование:
профессиональных компетенций (ПК-4, ПК-5) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина входит в часть БЛОКА 1, формируемую участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника «Промышленная электроника»).

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента в результате освоения дисциплин ОПОП подготовки бакалавра: «Высшая математика», «Физика» и «Физические основы электроники», «Магнитные элементы электронных устройств», «Материалы и компоненты электронной техники», «Твердотельная электроника», «Теоретические основы электротехники», «Схемотехника аналоговых устройств», «Методы анализа и расчета электронных схем».

Математические и естественно-научные дисциплины формируют «входные» знания, умения необходимые для изучения дисциплины «Основы силовой преобразовательной техники»

- знания основных физических законов и методов математического анализа;

- умения обобщать и анализировать информацию, ставить цель и выбирать пути ее достижения, выявлять физическую основу функционирования средств энергетической электроники;

- готовность использовать компьютер как одно из средств освоения новой дисциплины.

В результате освоения дисциплин профессионального цикла предшествующего периода обучения, студентами приобретены:

- знания основных понятий и законов теории электрических и магнитных цепей, материалов и элементной базы современной энергетической электроники;

- умения применять современные методы расчета параметров электрических и магнитных цепей средств энергетической электроники в установившихся и переходных режимах, выполнять измерения электрических величин, собирать и налаживать схемы устройств энергетической электроники;

- навыки владения программными средствами для решения задач энергетической электроники и методами их экспериментального исследования.

Важную роль в подготовке к изучению дисциплины «Основы силовой преобразовательной техники» играет учебная и производственная практики, в ходе которых студенты знакомятся с электронным оборудованием промышленных предприятий.

В свою очередь, дисциплина «Основы силовой преобразовательной техники» является основой для изучения следующих дисциплин: «Математическое моделирование в электронике», «Электронные силовые преобразовательные устройства», «Системы электропитания», «Теория автоматического управления», «Основы конструирования и надежности электронных устройств», «Основы микропроцессорной техники», «Электромагнитная совместимость электронных устройств», «Организация научных исследований», а также, приобретенные знания, могут быть использованы при прохождении производственной и преддипломной практики, при подготовке и защи-

те выпускной квалификационной работы, а также в профессиональной деятельности.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены для очной формы обучения лекционные (36 ак.ч.), практические (18 ак.ч.), лабораторные (36 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (90 ак.ч.). Для очно-заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (12 ак.ч.), практические (8 ак.ч.), лабораторные (8 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (152 ак.ч.). Для заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (6 ак.ч.), практические (4 ак.ч.), лабораторные (4 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (166 ак.ч.).

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

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

Процесс изучения дисциплины «Основы силовой преобразовательной техники» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 –Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных средств, схем и устройств различного функционального назначения	ПК-4	ПК-4.1. Демонстрирует навыки решения задач анализа и расчета характеристик электронных схем и устройств различного функционального ПК-4.2. Осуществляет расчет основных показателей надежности электронных устройств ПК-4.3. Выбирает тип элементов электронных схем с учетом технических требований к разрабатываемому устройству
Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, электро-технических промышленных устройств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-5	ПК-5.1. Формулирует цели и задачи проектирования электронных средств ПК-5.2. Знает принципы конструирования отдельных узлов и блоков электронных приборов ПК-5.3. Проводит оценочные расчеты характеристик электронных приборов ПК-5.4 Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 5 зачётных единицы, 180 ак. ч.

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

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

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак. ч.	Ак. ч. по семест- мест- рам
		5
Аудиторная работа, в том числе:	90	90
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	90	90
Подготовка к лекциям	6	6
Подготовка к лабораторным работам	6	6
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	4	4
Выполнение курсовой работы / проекта	20	20
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	-	-
Домашнее задание	-	-
Подготовка к контрольным работам	-	-
Подготовка к коллоквиуму	5	5
Аналитический информационный поиск	12	12
Работа в библиотеке	9	9
Подготовка к экзамену (диф. зачету)	24	24
Промежуточная аттестация – экзамен (Э), диф. зачет (ДЗ)	Э (2) ДЗ (2)	Э(2) ДЗ (2)
Общая трудоемкость дисциплины		
ак. ч.	180	180
з.е.	5	5

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 8 тем:

- тема 1 (Электрическая энергия. Ее получение и применение.);
- тема 2 (Неуправляемые выпрямители);
- тема 3 (Управляемые выпрямители);
- тема 4 (Регуляторы переменного напряжения);
- тема 5 (Преобразователи постоянного напряжения непрерывного действия);
- тема 6 (Импульсные преобразователи постоянного напряжения);
- тема 7 (Автономные инверторы);
- тема 8 (Преобразовательные системы).

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

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Электрическая энергия. Ее получение и применение	Источники и потребители электрической энергии. Информационная и энергетическая электроника. Классификация силовых преобразовательных устройств (СПУ). Элементная база СПУ. Электронные ключи на двухоперационных и однооперационных приборах. Схемы управления и защиты силовых ключей.	4	Порядок работы с программой PI Expert Suite 8.0. Ввод исходных данных и получение первичных результатов	2	Вводное занятие Инструктаж по ТБ	2
						Маломощный блок питания	6
2	Неуправляемые выпрямители	Выпрямители. Схемы однофазных выпрямителей и их расчетные соотношения. Работа выпрямителей на разные типы нагрузок. Фильтры и их расчетные соотношения. Схемы выпрямителей с умножением напряжения.	4	Работка импульсных источников питания. Проектирование трансформатора	2		

Продолжение таблицы 3

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо- емкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудо- емкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудо- емкость в ак. ч.
1	2	3	4	5	6	7	8
3	Управляемые выпрямители	Схемы и принцип действия управляемых выпрямителей, их расчетные соотношения. Инвертированный режим управляемого выпрямителя. Системы управления. Трехфазные выпрямители. Инверторы, ведомые сетью. Системы управления УВ.	4	Расчет ограничителя верхнего выброса напряжения	2	Трехфазные выпрямители	4
4	Регуляторы переменного напряжения	Схемы и принцип действия регуляторов переменного напряжения, их расчетные соотношения. Непосредственные преобразователи частоты переменного тока	4	Расчет фильтрующих конденсаторов	2	Однофазный регулируемый выпрямитель	4
5	Преобразователи постоянного напряжения непрерывного действия	Стабилизаторы и регуляторы постоянного напряжения непрерывного действия. Линейные стабилизаторы напряжения тока (параметрические, компенсационные)	4	Расчет фильтрующих конденсаторов. Источники на микросхемах PI	2	Импульсный преобразователь постоянного напряжения	4
6	Импульсные преобразователи постоянного напряжения	Импульсные регуляторы 1,2 и 3 типа и реверсивные. Однотактные преобразователи. Импульсные стабилизаторы, принцип действия и применения. Системы управления импульсными преобразователями	4	Дистанционное управление источника	2	Автономный инвертор тока	4

Продолжение таблицы 3

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо-емкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудо-емкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудо-емкость в ак. ч.
1	2	3	4	5	6	7	8
7	Автономные инверторы	Схемы и принцип действия автономных инверторов тока (АИТ), автономных инверторов напряжения (АИН) и автономных резонансных инверторов (АИР). Алгоритмы их работы, структурные схемы, системы управления.	6	Расчет фильтрующих конденсаторов. Источники на микросхемах PI	3	Автономный инвертор напряжения	6
8	Преобразовательные системы	Системы вторичного электропитания. Применение драйверов и контролеров в преобразовательных системах.	6	Расчет ИВП на основе TPPSwitch	3	Исследование электронных ключей	6
Всего аудиторных часов			36		18		36

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Электрическая энергия. Ее получение и применение	Источники и потребители электрической энергии. Информационная и энергетическая электроника. Классификация силовых преобразовательных устройств (СПУ). Элементная база СПУ. Электронные ключи на двухоперационных и однооперационных приборах. Схемы управления и защиты силовых ключей.	1	Порядок работы с программой PI Expert Suite 8.0. Ввод исходных данных и получение первичных результатов	1	Вводное занятие Инструктаж по ТБ	1
2	Неуправляемые выпрямители	Выпрямители. Схемы однофазных выпрямителей и их расчетные соотношения. Работа выпрямителей на разные типы нагрузок. Фильтры и их расчетные соотношения. Схемы выпрямителей с умножением напряжения.	1	Работка импульсных источников питания. Проектирование трансформатора	1	Маломощный блок питания	1

Продолжение таблицы 4

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо- емкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудо- емкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудо- емкость в ак. ч.
1	2	3	4	5	6	7	8
3	Управляемые выпрямители	Схемы и принцип действия управляемых выпрямителей, их расчетные соотношения. Инвертированный режим управляемого выпрямителя. Системы управления. Трехфазные выпрямители. Инверторы, ведомые сетью. Системы управления УВ.	1	Расчет ограничителя верхнего выброса напряжения	1	Трехфазные выпрямители	1
4	Регуляторы переменного напряжения	Схемы и принцип действия регуляторов переменного напряжения, их расчетные соотношения. Непосредственные преобразователи частоты переменного тока	1	Расчет фильтрующих конденсаторов	1	Однофазный регулируемый выпрямитель	1
5	Преобразователи постоянного напряжения непрерывного действия	Стабилизаторы и регуляторы постоянного напряжения непрерывного действия. Линейные стабилизаторы напряжения тока (параметрические, компенсационные)	2	Расчет фильтрующих конденсаторов. Источники на микросхемах PI	1	Импульсный преобразователь постоянного напряжения	1
6	Импульсные преобразователи постоянного напряжения	Импульсные регуляторы 1,2 и 3 типа и реверсивные. Однотактные преобразователи. Импульсные стабилизаторы, принцип действия и применения. Системы управления импульсными преобразователями	2	Дистанционное управление источника	1	Автономный инвертор тока	1

Продолжение таблицы 4

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо- емкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудо- емкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудо- емкость в ак. ч.
1	2	3	4	5	6	7	8
7	Автономные инверторы	Схемы и принцип действия автономных инверторов тока (АИТ), автономных инверторов напряжения (АИН) и автономных резонансных инверторов (АИР). Алгоритмы их работы, структурные схемы, системы управления.	2	Расчет фильтрующих конденсаторов. Источники на микросхемах PI	1	Автономный инвертор напряжения	1
8	Преобразовательные системы	Системы вторичного электропитания. Применение драйверов и контролеров в преобразовательных системах.	2	Расчет ИВП на основе TPPSwitch	1	Исследование электронных ключей	1
Всего аудиторных часов			12		8		8

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо-емкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудо-емкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудо-емкость в ак. ч.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Электрическая энергия. Ее получение и применение	Источники и потребители электрической энергии. Информационная и энергетическая электроника. Классификация силовых преобразовательных устройств (СПУ). Элементная база СПУ. Электронные ключи на двухоперационных и однооперационных приборах. Схемы управления и защиты силовых ключей.	0,5	Порядок работы с программой PI Expert Suite 8.0. Ввод исходных данных и получение первичных результатов	0,5	Вводное занятие Инструктаж по ТБ	0,5
						Маломощный блок питания	0,5
2	Неуправляемые выпрямители	Выпрямители. Схемы однофазных выпрямителей и их расчетные соотношения. Работа выпрямителей на разные типы нагрузок. Фильтры и их расчетные соотношения. Схемы выпрямителей с умножением напряжения.	0,5	Работка импульсных источников питания. Проектирование трансформатора	0,5		

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо- емкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудо- емкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудо- емкость в ак. ч.
1	2	3	4	5	6	7	8
3	Управляемые выпрямители	Схемы и принцип действия управляемых выпрямителей, их расчетные соотношения. Инвертированный режим управляемого выпрямителя. Системы управления. Трехфазные выпрямители. Инверторы, ведомые сетью. Системы управления УВ.	0,5	Расчет ограничителя верхнего выброса напряжения	0,5	Трехфазные выпрямители	0,5
4	Регуляторы переменного напряжения	Схемы и принцип действия регуляторов переменного напряжения, их расчетные соотношения. Непосредственные преобразователи частоты переменного тока	0,5	Расчет фильтрующих конденсаторов	0,5	Однофазный регулируемый выпрямитель	0,5
5	Преобразователи постоянного напряжения непрерывного действия	Стабилизаторы и регуляторы постоянного напряжения непрерывного действия. Линейные стабилизаторы напряжения тока (параметрические, компенсационные)	1	Расчет фильтрующих конденсаторов. Источники на микросхемах PI	0,5	Импульсный преобразователь постоянного напряжения	0,5
6	Импульсные преобразователи постоянного напряжения	Импульсные регуляторы 1,2 и 3 типа и реверсивные. Однотактные преобразователи. Импульсные стабилизаторы, принцип действия и применения. Системы управления импульсными преобразователями	1	Дистанционное управление источника	0,5	Автономный инвертор тока	0,5

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо- емкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудо- емкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудо- емкость в ак. ч.
1	2	3	4	5	6	7	8
7	Автономные инверторы	Схемы и принцип действия автономных инверторов тока (АИТ), автономных инверторов напряжения (АИН) и автономных резонансных инверторов (АИР). Алгоритмы их работы, структурные схемы, системы управления.	1	Расчет фильтрующих конденсаторов. Источники на микросхемах PI	0,5	Автономный инвертор напряжения	0,5
8	Преобразовательные системы	Системы вторичного электропитания. Применение драйверов и контролеров в преобразовательных системах.	1	Расчет ИВП на основе TPPSwitch	0,5	Исследование электронных ключей	0,5
Всего аудиторных часов			12		4		4

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

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://dontu.ru/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

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

Таблица 6 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-4, ПК-5	Экзамен, дифференцированный зачет	Комплект контролирующих материалов для экзамена, дифференцированного зачета

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

- выполнение домашнего задания – всего 5 баллов;
- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 коллоквиума) – всего 20 баллов;
- выполнение лабораторных работ – всего 40 баллов;
- за выполнение индивидуального задания – всего 35 баллов.

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

Экзамен по дисциплине проводится по результатам работы в семестре. В случае если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время экзамена студент имеет право повысить итоговую оценку. Экзамен по дисциплине проводится в форме устного экзамена по вопросам, представленным ниже, либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

В структуру ФОС в форме курсового проекта входят: методические указания, содержащие требования по выполнению курсовой работы, критерии оценивания, перечень необходимых литературных источников и электронных ресурсов.

При оценке уровня выполнения курсового проекта, в соответствии с поставленными целями, проверяются следующие знания, умения и навыки:

- знание компонентов дисциплины, использованных при выполнении курсового проекта;
- умение: работать с научной и энциклопедической литературой, справочниками и электронными ресурсами; накапливать и группировать материал; последовательно и грамотно излагать мысли и оформлять выводы; придерживаться формы научного исследования;
- владение современными средствами компьютерных технологий;
- способность самостоятельно создать содержательную презентацию по теме подготовленной курсовой работы.

Следовательно, курсовые проекты, как компонент фонда оценочных средств по дисциплине «Основы силовой преобразовательной техники», позволяют оценить формирование у студентов знаниевую составляющую, определенные экспериментальные умения и ведение информационного поиска, навыки исследовательской деятельности, самостоятельной работы и опыта публичных выступлений.

Таблица 7 – Шкала оценивания знаний

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

6.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания студенты выполняют работу над составлением конспекта изученного материала.

6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

Обучающиеся выполняют индивидуальное задание в соответствии со своим вариантом (таблица 8). Номер варианта обозначен последней цифрой номера зачетной книжки.

Таблица 8 – Варианты заданий

Номер варианта	Номера контрольного задания	
1	1	11
2	2	12
3	3	13
4	4	14
5	5	15
6	6	16
7	7	17
8	8	18
9	9	19
0	10	20

1. Преобразователь частоты с непосредственной связью (ПЧНС) питается от однофазной сети напряжением $U_c=220$ В при $f_c=50$ Гц без трансформатора на активную нагрузку. На полупериоде выходного напряжения формируются два полупериода питающего напряжения ($n=2$), угол направления $\alpha=0$. Считать время восстановления вентилей $t_{\text{восст}}=0$. Нарисуйте форму выходного напряжения и определите:

- частоту выходного напряжения $f_{\text{вых}}$;
- максимальное значение огибающей выходного напряжения $U_{0 \text{ н max}}$;
- действующее значение выходного напряжения на нагрузке U_n .

2. ПЧНС питается от однофазной сети напряжением $U_c = 220$ В, $f_c = 50$ Гц без трансформатора на активно-индуктивную нагрузку. Огибающая выходного напряжения формируется в виде синусоиды. При этом угол управления α изменяется в пределах $30 \leq \alpha \leq 150$.

Определите:

- амплитуду огибающей выходного напряжения $U_{\text{н max}}$;
- угол δ , соответствующий минимальному времени восстановления управляющих свойств тиристоров.

3. Определите действующую периодическую ЭДС, зависимость от времени которой приведена на рис. 1.

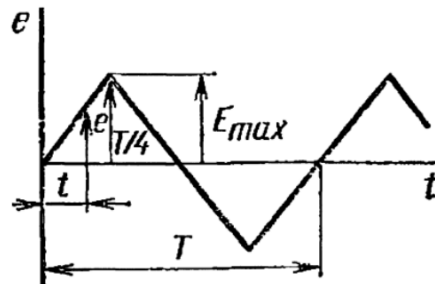


Рисунок 1 – Периодическая ЭДС

Сравните ее с действующей ЭДС, определенной по трем первым членам разложения в ряд Фурье. Максимальное значение ЭДС $E_{\text{max}}=10$ В.

4. Три вольтметра различных систем подключены к источнику несинусоидального периодического напряжения. Вольтметр электромагнитной системы показал 4,2 В, выпрямительный вольтметр – 4,0 В, а электронный вольтметр максимальных значений – 6,1 В. Определите коэффициенты амплитуды и формы несинусоидального напряжения.

5. Определите действующее периодическое напряжение и его среднее по модулю значение, если зависимость этого напряжения от времени приведена на рисунке 2. Каким числом членов ряда Фурье можно ограничиться, чтобы действующее напряжение, определенное по разложению в ряд Фурье, отличалось от истинного не более чем на 5 %?

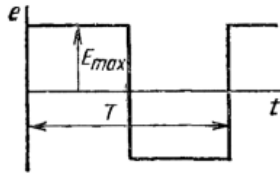


Рисунок 2 – Периодическое напряжение

6. На рисунке 3 а, б приведены схема и временная диаграмма напряжения u_H на нагрузочном резисторе R_H однополупериодного выпрямителя. Выпрямленное напряжение разложено в ряд Фурье

$$u_H = U_{\max} \left[\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{2}{\pi} \left(\frac{\cos 2\omega t}{1 \cdot 3} + \frac{\cos 4\omega t}{3 \cdot 5} + \dots \right) \right], \text{ где } \omega = 2\pi/T.$$

Определите среднее значение напряжения на нагрузочном резисторе $U_{\text{ср}}$, коэффициент пульсаций p , а также показание вольтметра магнитоэлектрической системы, если $U_{\max} = 100 \text{ В}$.

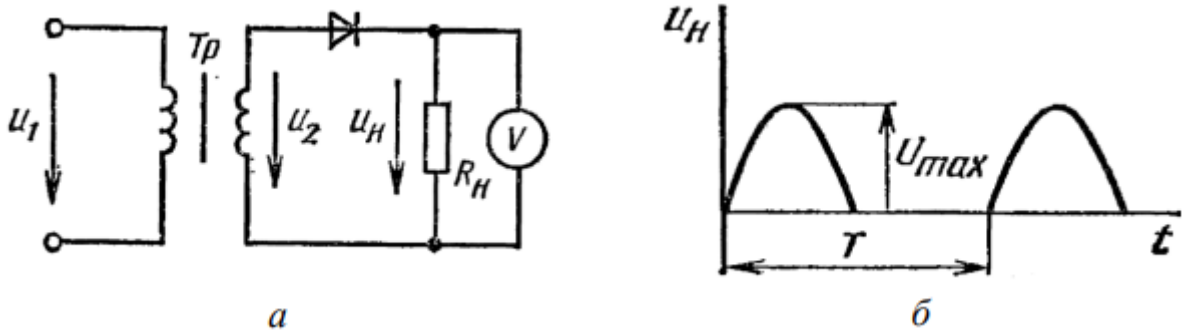


Рисунок 3 – Однополупериодный выпрямитель

7. Определите среднее значение напряжения u_H на нагрузочном резисторе R_H и коэффициент пульсаций p для двухполупериодного выпрямителя (рис. 4, а). График мгновенных значений напряжения приведен на рис. 4, б, $U_{\max} = 100 \text{ В}$.

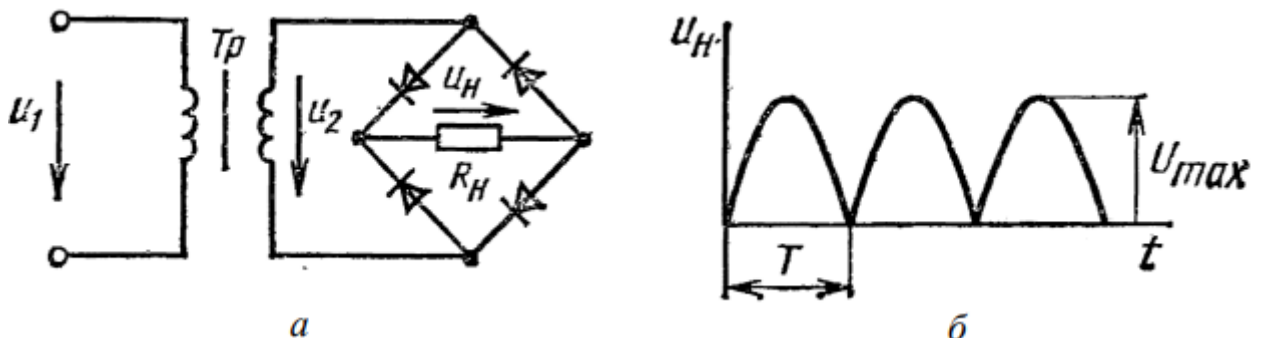


Рисунок 4 – Двухполупериодный выпрямитель

8. Однофазный однонаправленный однопульсный управляемый выпрямитель (1Ф1Н1П) работает на индуктивную нагрузку $L_d = 20 \text{ мГн}$. Преобразовательный трансформатор идеален, напряжение вентильной обмотки трансформатора $= 100 \text{ В}$. U_s Определите средние значения токов нагрузки для

углов управления $\alpha = 0^\circ$ и $\alpha = 60^\circ$.

9. Постройте кривые токов i_d , i_{s1} , i_{s2} , i_p для схемы преобразователя, представленной на рис. 5, и сопоставьте их с кривой напряжения U_p , сохраняя правильными фазы; вычислите среднее значение тока i_d . Дано: $U_p=100$ В, $f=50$ Гц, коэффициент трансформации $k_{mp}=1$, $R_d=10$ Ом, $\alpha=45^\circ$, $L_d=0$, $L_\gamma=0$. Трансформатор и полупроводниковые вентили идеальные.

10. Постройте кривые токов i_d , i_{s1} , i_{s2} , i_p в схеме преобразователя, показанной на рис. 5, и сопоставьте их с кривой напряжения U_p , сохраняя правильными фазы; вычислите среднее значение тока i_d . Дано: $U_p=100$ В, $f=50$ Гц, коэффициент трансформации 1:1, $R_d=10$ Ом, $\alpha=45^\circ$, $L_d=\infty$, $L_\gamma=0$. Трансформатор и полупроводниковые вентили идеальные.

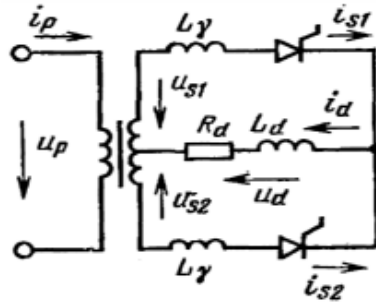


Рисунок 5 – Управляемый преобразователь со схемой 1Φ1Н2П

11. Постройте кривые токов i_d , i_{s1} , i_{s2} , i_p и напряжения U_d в схеме преобразователя со схемой 1Φ1Н2П, показанной на рис. 5, и сопоставьте их с кривой напряжения U_p . Определите среднее значение тока нагрузки. Дано: $U_p=100$ В, $f=50$ Гц, коэффициент трансформации $k_{mp}=1$, $R_d=10$ Ом, $L_d \approx \infty$, $L_\gamma=10$ мГн. Полупроводниковые вентили идеальные, $\alpha=0$.

12. Постройте кривые токов i_d , i_{s1} , i_{s2} , i_p и напряжения U_d в схеме преобразователя со схемой 1Φ1Н2П, показанной на рис. 5, и сопоставьте их с кривой напряжения U_p . Определите среднее значение тока нагрузки. Дано: $U_p=100$ В, $f=50$ Гц, коэффициент трансформации $k_{mp}=1$, $R_d=10$ Ом, $L_d \approx \infty$, $L_\gamma=10$ мГн. Полупроводниковые вентили идеальные, $\alpha=45^\circ$.

13. . Определите напряжение, показываемое вольтметром в схеме на рис. 6, если $U_s=U_{s1}=U_{s2}=100$ В, $E_d=70,5$ В и а) $\alpha=0^\circ$, б) $\alpha=90^\circ$. Ширина импульса равна 60° . Применен вольтметр электродинамической системы. Трансформатор и вентили идеальные.

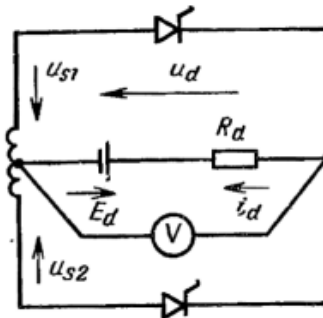


Рисунок 6 – Управляемый выпрямитель со схемой 1Φ1Н2П, работающий на нагрузку, представленную противо-ЭДС E_d и резистором R_d

14. Постройте кривые и определите значения выпрямленного напряжения, выпрямленного тока и токов сетевой и вентильной обмоток преобразовательного трансформатора в схеме 1Ф1Н2П, показанной на рис. 7. Трансформатор и вентили идеальные, $k_{mp} = 1$, $U_s = U_{s1} = U_{s2} = 100$ В, $E_d = 70,5$ В, $R_d = 1$ Ом, $L_d \approx \infty$, $\alpha = 150^\circ$.

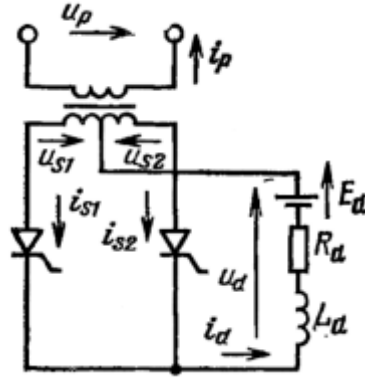


Рисунок 7 – Управляемый преобразователь со схемой 1Ф1Н2П

15. Резистор с сопротивлением $R_d = 0,2$ Ом и сглаживающий реактор с индуктивностью $L_d \approx \infty$ присоединены к цепи постоянного тока преобразователя со схемой соединения 1Ф1Н2П, работающего в инверторном режиме (рис. 8). Какой угол управления должен быть установлен, чтобы противо-ЭДС источника постоянного тока равнялась $E_d = 180$ В, среднее значение выпрямленного тока было 200 А, напряжение вентильной полуобмотки трансформатора $U_s = 200$ В, $f = 50$ Гц, индуктивность коммутации $L_\gamma = 1$ мГн, активное сопротивление $R = 0$. Вентили и электрическая монтажная схема идеальные. Постройте кривые тока в одном тиристоре и напряжения на его выводах для вычисленного угла управления.

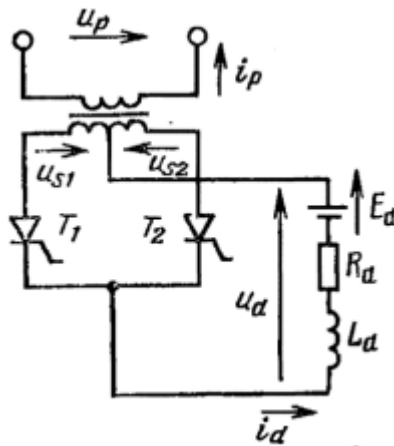


Рисунок 8 – Управляемый преобразователь со схемой 1Ф1Н2П

16. Управляемый выпрямитель со схемой соединений 1Ф1Н2П и шунтирующим диодом (рис. 9) работает на нагрузку, состоящую из последовательно соединенных реактора с индуктивностью $L_d \approx \infty$ и резистора с сопротивлением $R_d = 10$ Ом. Действующее значение напряжения вентильной об-

мотки идеального трансформатора $U_s = 110$ В, угол управления $\alpha = 30^\circ$. Постройте кривые выпрямленного напряжения, токов двух тиристоров и тока шунтирующего диода. Вентили идеальные.

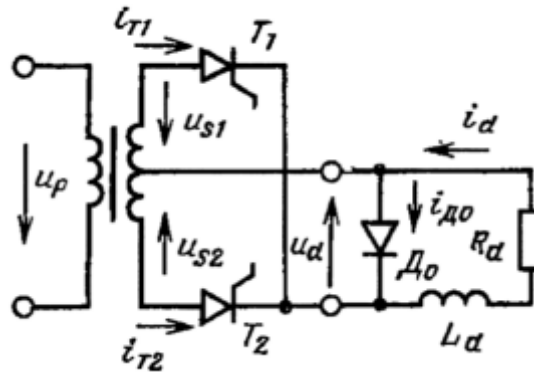


Рисунок 9 – Управляемый преобразователь со схемой 1Φ1Н2Π с шунтирующим диодом

17. В полууправляемой мостовой схеме, показанной на рис. 10, $\alpha = 60^\circ$, $U_s = 100$ В, $R_d = 1$ Ом, $L_d \approx \infty$. Трансформатор и вентили идеальные. Постройте кривые токов диодов и тиристоров. Определите средние и действующие значения этих токов.

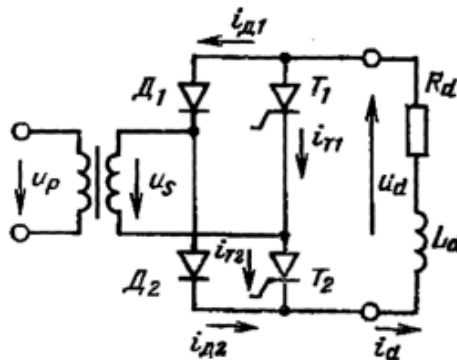


Рисунок 10 – Полууправляемый выпрямитель со схемой 1Φ2Н2Π

18. Однофазный тиристорный регулятор переменного напряжения питается от сети $U_c = 220$ В. Регулятор работает в режиме одностороннего фазового управления на активно-индуктивную нагрузку, $R_n = 10$ Ом, $L_n = 0,1$ Гн. Определите критическое значение угла управления $\alpha_{кр}$, начиная с которого возможно регулирование напряжения.

19. Нагрузкой однофазного прерывателя переменного тока со схемой соединений «тиристор – диод» является резистор (рис. 13). Определите средние и действующие значения токов, протекающих через тиристор, диод и нагрузку. Напряжение источника питания $U = 110$ В, активное сопротивление нагрузки $R_d = 1,5$ Ом, угол управления тиристора $\alpha = 90^\circ$.

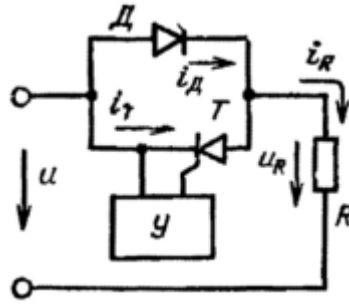


Рисунок 11 – Однофазный прерыватель переменного тока со схемой соединений «тиристор – диод»

20. Определите средние и действующие значения токов диодов и тиристора прерывателя со схемой соединений, показанной на рис. 12. Угол управления тиристора $\alpha = 30^\circ$, $U = 110$ В, $R = 5$ Ом.

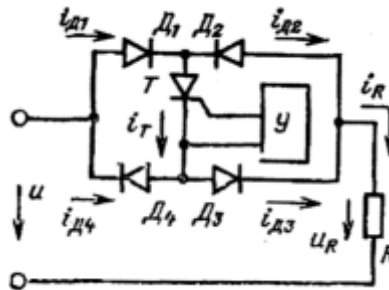


Рисунок 12 – Однофазный мостовой прерыватель переменного тока

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Примеры тестовых заданий коллоквиумов:

6.1 Фонд тестовых заданий

1. Показатель удельной массы устройства [кг/кВА] рассчитывается по формуле:

а) $M_s = \frac{M}{S}$;

б) $V_s = \frac{V}{S}$;

в) $C_s = \frac{C}{S}$.

2. Показатель удельного объема устройства [дм³/кВА] рассчитывается по формуле:

а) $M_s = \frac{M}{S}$;

б) $V_s = \frac{V}{S}$;

в) $C_s = \frac{C}{S}$.

3. Показатель удельной стоимости устройства [у.е./кВА] вычисляют по формуле:

а) $M_s = \frac{M}{S}$;

б) $V_s = \frac{V}{S}$;

в) $C_s = \frac{C}{S}$.

4. Показатель удельных потерь в единице объема вычисляют по формуле:

а) $\Delta P_V = \frac{\Delta P}{V}$;

б) $\Delta P_M = \frac{\Delta P}{M}$.

5. Показатель удельных потерь в единице массы [Вт/кг] вычисляют по формуле:

а) $\Delta P_V = \frac{\Delta P}{V}$;

б) $\Delta P_M = \frac{\Delta P}{M}$.

6. Однооперационный тиристор – это

а) SCR;

б) GTO;

в) MOSFET;

г) IGBT.

7. Запираемые тиристоры – это

а) SCR;

б) GTO;

в) MOSFET;

г) IGBT.

8. Силовые МОП- (полевые) транзисторы – это

а) SCR;

б) GTO;

в) MOSFET;

г) IGBT.

9. Биполярные транзисторы с изолированным затвором – это

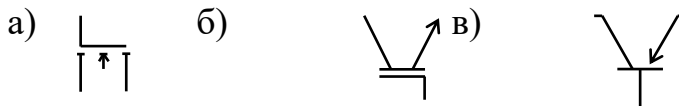
а) SCR;

б) GTO;

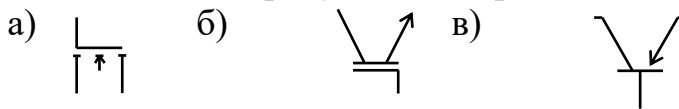
в) MOSFET;

г) IGBT.

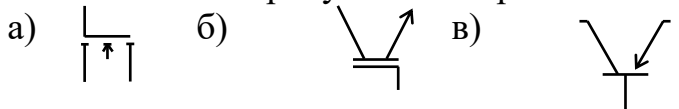
10. На каком из рисунков изображен полевой транзистор?



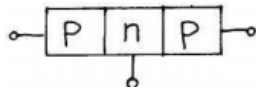
11. На каком из рисунков изображен биполярный транзистор?



12. На каком из рисунков изображен IGBT транзистор?



13. Структура какого полупроводникового прибора приведена на рисунке?



- а) полупроводниковый диод;
- б) n-p-n-тиристор;
- в) тиристор;
- г) p-n-p-тиристор.

14. Маломощные выпрямители

- а) до 1 кВт;
- б) до 250 В;
- в) до 100 кВт.

15. Мощные выпрямители

- а) свыше 100 кВт;
- б) свыше 1000В;
- в) свыше 100 кВт.

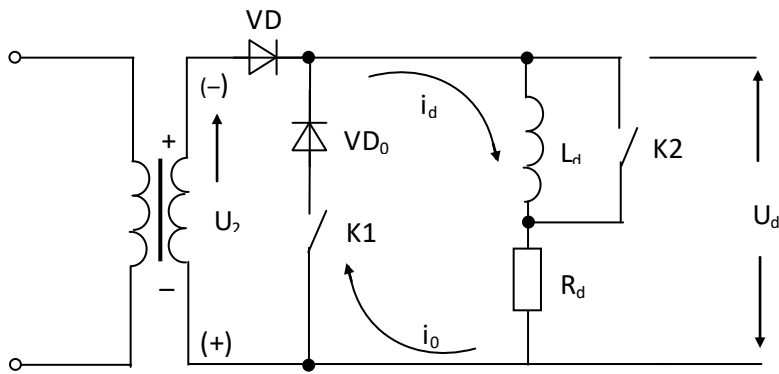
16. Высоковольтные выпрямители

- а) свыше 100 кВт;
- б) свыше 1000В;
- в) до 1000 В.

17. Низковольтные выпрямители

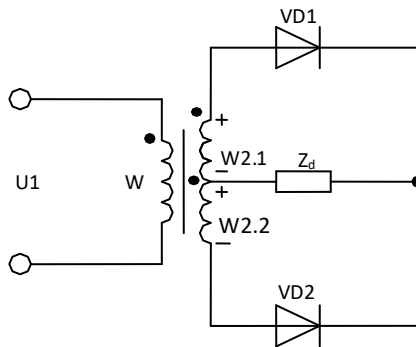
- а) до 1 кВт;
- б) до 250 В;
- в) до 100 кВт.

18. Какая схема изображена на рисунке?



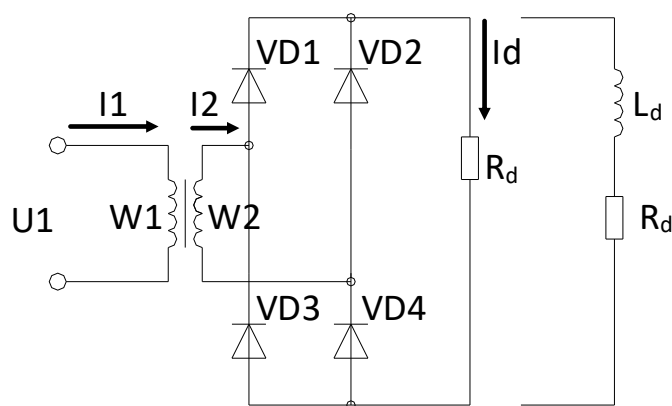
- а) однофазная однопульсная;
- б) нулевая;
- в) мостовая.

19. Какая схема изображена на рисунке?



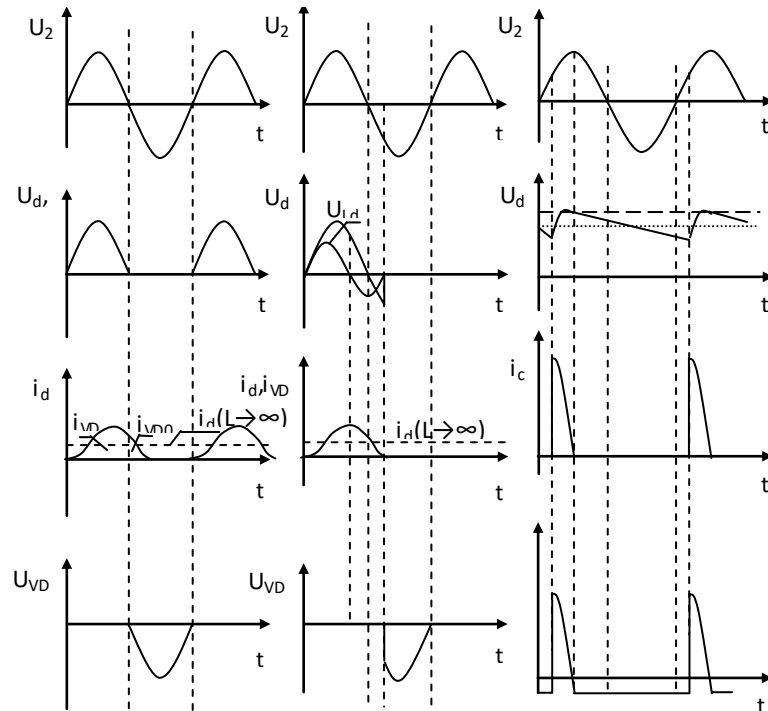
- а) однофазная однопульсная;
- б) нулевая;
- в) мостовая;
- г) однофазная двухполупериодная схема со средней точкой.

21. Какая схема изображена на рисунке?



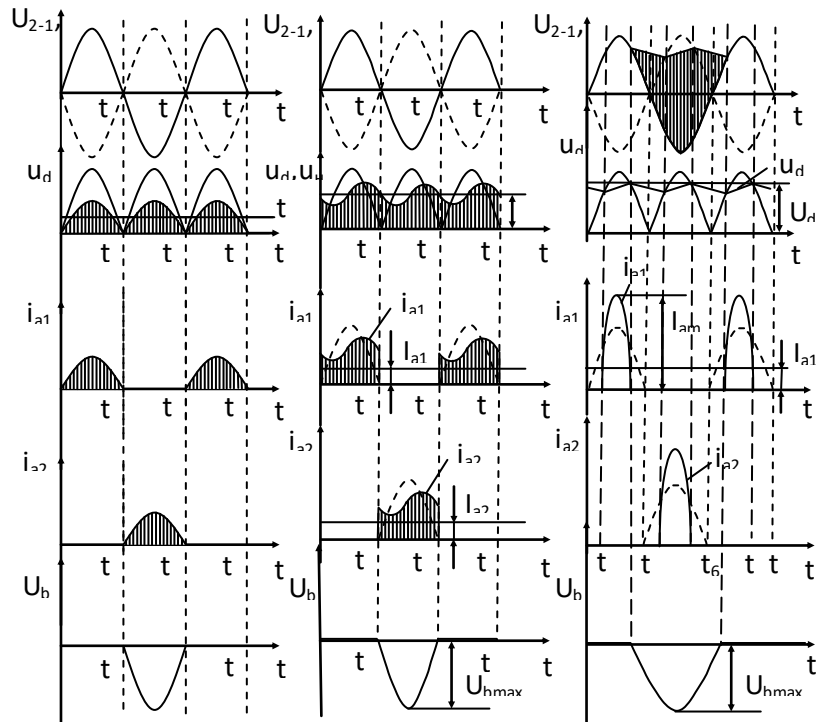
- а) однофазная мостовая;
- б) 1Ф2Н2П;
- в) однофазная однопульсная;
- г) нулевая.

22. Работу какой схемы выпрямителя иллюстрируют временные диаграммы токов и напряжений для различных видов нагрузок?



- а) активная нагрузка, б) активно-индуктивная нагрузка; в) емкостная нагрузка.
 а) однофазная однонаправленная двухполупериодная схема 1Ф1Н2П;
 б) однофазная однополупериодная однонаправленная схема 1Ф1Н1П;
 в) однофазная двунаправленная двухполупериодная схема 1Ф2Н2П.

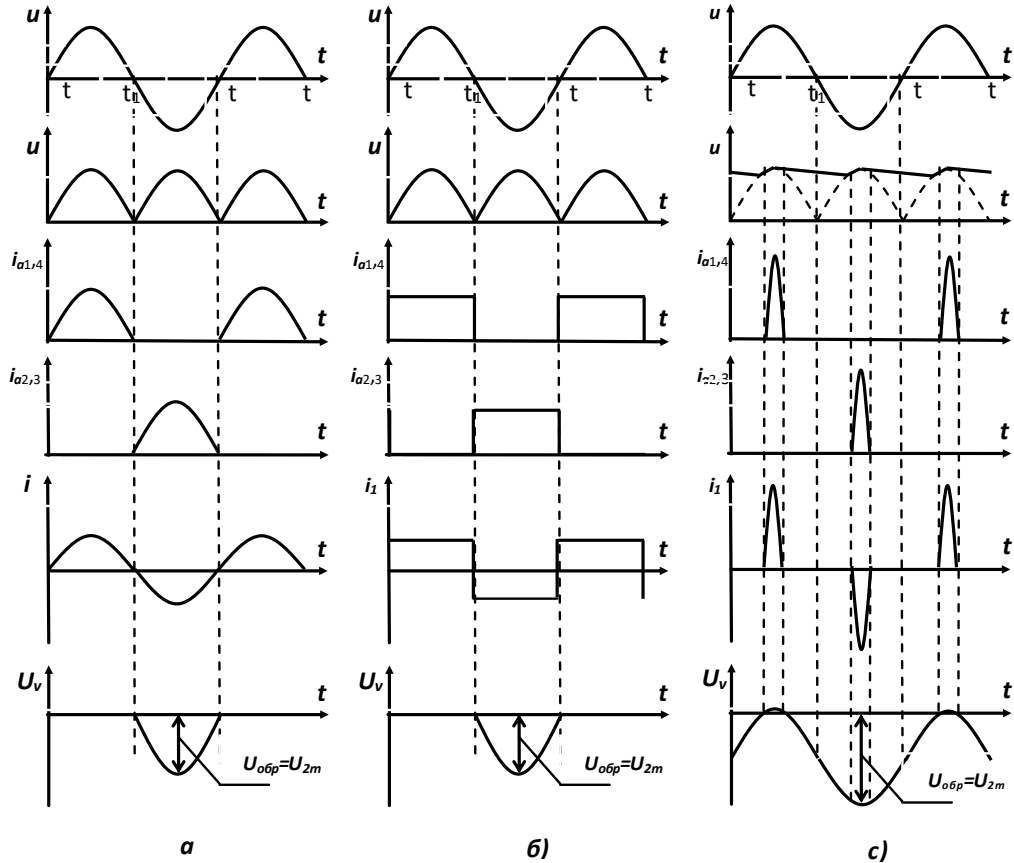
23. Работу какой схемы выпрямителя иллюстрируют временные диаграммы токов и напряжений для различных видов нагрузок?



- а) однофазная однонаправленная двухполупериодная схема 1Ф1Н2П;

- б) однофазная однополупериодная однонаправленная схема 1Ф1Н1П;
 в) однофазная двунаправленная двухполупериодная схема 1Ф2Н2П.

24. Работу какой схемы выпрямителя иллюстрируют временные диаграммы токов и напряжений для различных видов нагрузок?



- а) однофазная однонаправленная двухполупериодная схема 1Ф1Н2П;
 б) однофазная однополупериодная однонаправленная схема 1Ф1Н1П;
 в) однофазная двунаправленная двухполупериодная схема 1Ф2Н2П.

25. Какую из однофазных схем выпрямления целесообразно применять в силовых, низковольтных схемах выпрямителей?

- а) 1Ф 1Н 2П;
 б) 1Ф 1Н 1П;
 в) 1Ф 2Н 2П.

26. Какая схема применяется в маломощных выпрямителях с емкостным фильтром, редко в силовых - с целью уменьшения потерь в диодах и повышения КПД?

- а) 1Ф 1Н 2П;
 б) 1Ф 1Н 1П;
 в) 1Ф 2Н 2П.

27. Какую схему целесообразно применять в выпрямителях средней мощности, со значением выпрямленного напряжения $U_d > 10V$?

- а) 1Ф 1Н 2П;
- б) 1Ф 1Н 1П;
- в) 1Ф 2Н 2П.

28. Какая из однофазных схем выпрямления имеет следующие недостатки?

- подмагничивание трансформатора;
- низкий k_{cx} ;
- большая пульсация выпрямленного напряжения;
- большой коэффициент превышения мощности.

- а) однофазная однопulseвая;
- б) однофазная мостовая;
- в) однофазная нулевая.

29. По какой из формул вычисляют коэффициент схемы?

- а) $k_{cx} = \frac{U_d}{U_2}$;
- б) $k_{cx} = \frac{U_{обр}}{U_d}$;
- в) $k_{cx} = \frac{U_{1m}}{U_d}$.

30. По какой из формул вычисляют коэффициент пульсаций?

- а) $q = \frac{U}{U_d}$;
- б) $q = \frac{U_{обр}}{U_d}$;
- в) $q = \frac{U_d}{U_2}$.

31. По какой из формул вычисляют коэффициент вентилей по напряжению?

- а) $k_U = \frac{U_{обр}}{U_d}$;
- б) $k_U = \frac{U_d}{U_2}$;
- в) $k_U = \frac{U}{U_d}$.

32. По какой из формул вычисляют коэффициент вентиля по току?

а) $k_{I.cp} = \frac{I_{a.cp}}{I_d}$;

б) $k_{I.cp} = \frac{I_a}{I_d}$;

в) $k_{I.cp} = \frac{I_1}{I_2}$.

33. Чему равен коэффициент схемы для однофазной нулевой схемы?

а) $k_{cx} = 0,45$;

б) $k_{cx} = 0,9$;

в) $k_{cx} = 1,17$.

34. Чему равен коэффициент схемы для однофазной мостовой схемы?

а) $k_{cx} = 0,45$

б) $k_{cx} = 0,9$

в) $k_{cx} = 1,17$

35. Чему равен коэффициент схемы для однофазной однопульсной схемы?

а) $k_{cx} = 0,45$;

б) $k_{cx} = 0,9$;

в) $k_{cx} = 1,17$.

36. Чему равен коэффициент пульсаций для однофазной однопульсной схемы?

а) $q = 1,57$;

б) $q = 0,67$;

в) $q = 0,057$.

37. Чему равен коэффициент пульсаций для однофазной нулевой схемы?

а) $q = 1,57$;

б) $q = 0,67$;

в) $q = 0,057$.

38. Чему равен коэффициент пульсаций для однофазной мостовой схемы?

а) $q = 1,57$;

б) $q = 0,67$;

в) $q = 0,057$.

39. Чему равен коэффициент вентиля по току для однофазной мостовой схемы?

а) $k_{Icp} = 1$;

б) $k_{Icp} = 1/2$;

в) $k_{Icp} = 1/6$.

40. Чему равен коэффициент вентилля по току для однофазной нулевой схемы?

- а) $k_{Icp}=1$;
- б) $k_{Icp}=1/2$;
- в) $k_{Icp}=1/6$.

41. Чему равен коэффициент схемы для трехфазной нулевой схемы выпрямления?

- а) $k_{cx}=0,9$
- б) $k_{cx}=2,34$
- в) $k_{cx}=1,17$

42. Чему равен коэффициент схемы для трехфазной мостовой схемы выпрямления?

- а) $k_{cx}=0,9$;
- б) $k_{cx}=2,34$;
- в) $k_{cx}=1,17$.

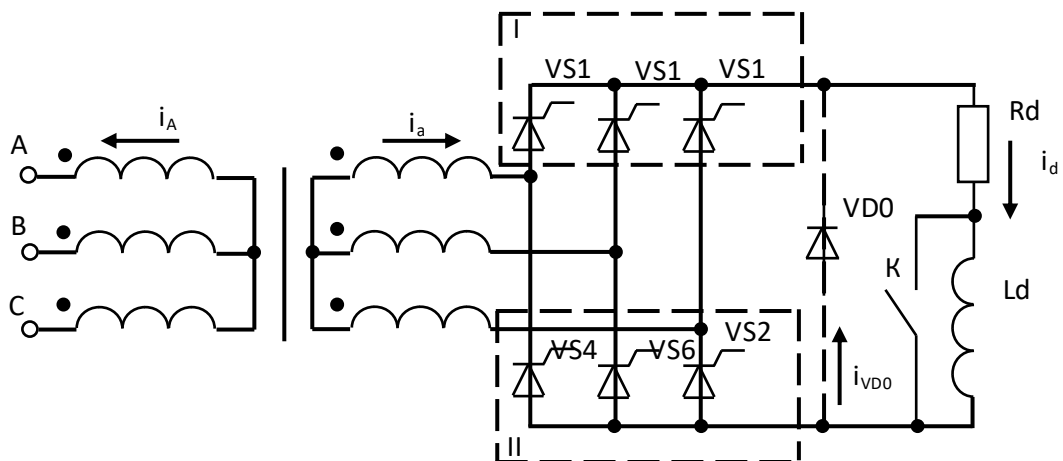
43. Чему равен коэффициент пульсаций трехфазной нулевой схемы выпрямления?

- а) $q=1,57$;
- б) $q=0,67$;
- в) $q=0,057$.

44. Чему равен коэффициент пульсаций трехфазной мостовой схемы выпрямления?

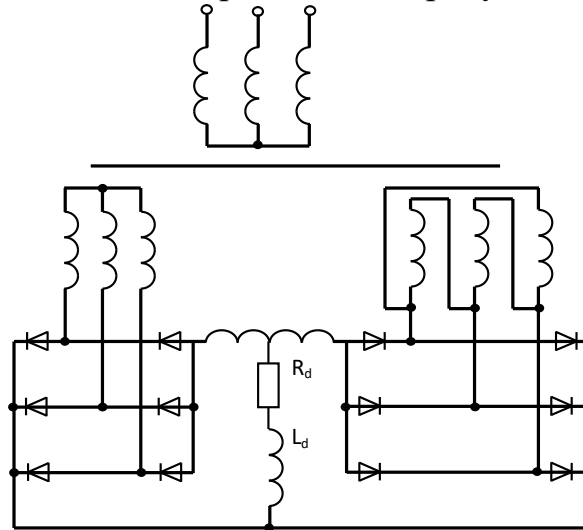
- а) $q=1,57$;
- б) $q=0,25$;
- в) $q=0,057$.

45. Какая схема изображена на рисунке?



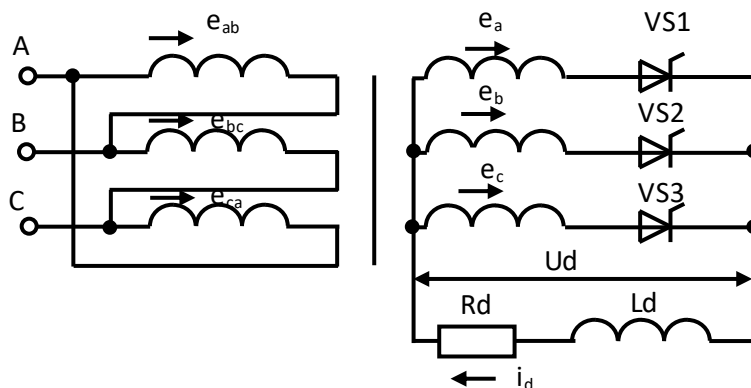
- а) трехфазная мостовая схема выпрямления
- б) схема Ларионова;
- в) схема Миткевича;
- г) трехфазная двенадцатипульсная схема выпрямления.

46. Как называется схема, изображенная на рисунке?



- а) трехфазная двенадцатипульсная схема выпрямления;
- б) схема Ларионова;
- в) схема Миткевича;
- г) трехфазная нулевая схема выпрямления.

47. Как называется схема изображенная на рисунке?



- а) Трехфазная двенадцатипульсная схема выпрямления – это ...
- б) схема Ларионова;
- в) схема Миткевича;
- г) трехфазная нулевая схема выпрямления.

48. Чему равен коэффициент вентили по току для шестипульсной схемы выпрямления?

- а) $k_{Icp}=1$;
- б) $k_{Icp}=1/3$;
- в) $k_{Icp}=1/6$.

49. Чему равен коэффициент вентили по току для трехпульсной схемы выпрямления?

- а) $k_{Icp}=1$;
- б) $k_{Icp}=1/3$;
- в) $k_{Icp}=1/6$.

50. Какая из схем выпрямления нашла наиболее широкое применение,

поскольку имеет лучшие технико-экономические показатели по сравнению с другими схемами?

- а) трехфазная мостовая схема выпрямителя;
- б) трехфазная нулевая схема выпрямителя;
- в) трехфазная двенадцатипульсная схема выпрямителя.

6.5 Вопросы для подготовки к экзамену

1) Поясните работу однофазной однополупериодной схемы выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузку.

2) Поясните работу трехфазной нулевой схемы выпрямления при работе на активную и активно-индуктивную нагрузку. Приведите регулировочную характеристику, расчетные соотношения.

3) Поясните работу однофазной нулевой схемы выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную и активно-емкостную нагрузку.

4) Поясните работу трехфазной мостовой схемы выпрямления при работе на активную и активно-индуктивную нагрузку. Приведите регулировочную характеристику, расчетные соотношения.

5) Поясните работу однофазной мостовой схемы выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную и активно-емкостную нагрузку.

6) Поясните работу трехфазной двенадцатипульсной схемы выпрямления. Приведите регулировочную характеристику, расчетные соотношения.

7) Что представляют собой сглаживающие фильтры? Что такое коэффициент пульсации, коэффициент сглаживания, коэффициент передачи фильтра по постоянному току?

8) Охарактеризуйте явление коммутации в выпрямителях средней и большой мощности.

9) Дайте сравнительный анализ L-фильтра и C-фильтра. Приведите расчетные соотношения. Какова их область применения?

10) Что такое коэффициент мощности управляемого выпрямителя и способы его улучшения?

11) Что представляют собой L-C, C-L-фильтр, C-L-C-фильтр, многозвенные фильтры? Приведите основные расчетные соотношения. Какова их область применения?

12) Что представляют собой инверторы ведомые сетью? Поясните условия инвертирования. Приведите регулировочную характеристику, расчетные соотношения.

13) Приведите внешнюю характеристику выпрямителя, работающего на активную, активно-индуктивную и активно-емкостную нагрузку.

14) Что представляют собой автономные инверторы? Какова их классификация и область применения?

15) Что представляют собой стабилизаторы напряжения? Приведите их классификацию, сделайте сравнительный анализ. Что такое коэффициент стабилизации?

16) Что представляют собой импульсные преобразователи постоянного напряжения? Приведите их классификацию, основные расчетные соотношения.

17) Что представляют собой параметрические стабилизаторы напряжения? Приведите основные расчетные соотношения.

18) Что представляют собой импульсные преобразователи тиристоров постоянного напряжения?

19) Что представляют собой компенсационные стабилизаторы напряжения? Приведите основные расчетные соотношения.

20) Что такое узел принудительной коммутации? Приведите классификацию, опишите принцип работы, способ улучшения коммутационных характеристик.

21) Поясните работу управляемой однофазной нулевой схемы выпрямления при работе на активную нагрузку. Приведите регулировочную характеристику.

22) Что представляют собой автономные инверторы напряжения (АИН)? Приведите их классификацию, основные расчетные соотношения. Какие вам известны способы улучшения гармонического состава выходного напряжения?

23) Поясните работу управляемой однофазной мостовой схемы выпрямления с пониженным числом управляемых вентилях на активно-индуктивную нагрузку. Приведите регулировочную характеристику.

24) Что представляют собой автономные инверторы тока (АИТ). Приведите их классификацию, основные расчетные соотношения. Какие вам известны способы улучшения внешней характеристики?

25) Что представляет собой управляемая однофазная мостовая схема выпрямления с неполным числом управляемых вентилях? Приведите регулировочную характеристику. Каково назначение обратного диода?

26) Что представляет собой автономные резонансные инверторы (АИР)? Приведите их классификацию, основные расчетные соотношения. Какие возможны аварийные режимы и способы их устранения?

27) Какие системы управления управляемых выпрямителей вам известны?

28) Что представляет собой автономные инверторы напряжения с самовозбуждением? Приведите основные расчетные соотношения. Опишите принцип работы. Какие вам известны способы улучшения энергетических характеристик?

29) Приведите и поясните принцип работы схемы выпрямления с умножением напряжения.

30) Какие вам известны аварийные процессы в преобразователях, средства контроля защиты преобразователей?

6.6 Примерная тематика курсовых работ

6.6.1 Цель работы

Закрепление теоретических знаний и формирование практических навыков проектирования схем импульсных источников питания на основе микросхем Power Integrations, а также приобретение навыков работы с программой PI Expert Suite 8.0 и информационно-справочными материалами. В ходе выполнения курсового проекта у студентов формируются следующие компетенции: ПК-4, ПК-5.

6.6.2 Задание на курсовое проектирование

В курсовом проекте предусмотрена разработка импульсных источников питания (ИИП) на основе микросхем Power Integrations, имеющих до 70% меньше компонентов по сравнению с дискретными решениями.

С применением программы PI Expert Suite 8.0 студент самостоятельно решает следующие задачи:

- в соответствии с выходной мощностью и входным питающим напряжением производит выбор микросхемы контроллера;
- выбор частоты преобразования и расчет номиналов элементов обвязки контроллера;
- расчет параметров и выбор элементов входного высокочастотного фильтра;
- расчет параметров и выбор элементов входного низкочастотного выпрямителя и низкочастотного сглаживающего фильтра;
- выбор типа сердечника, расчет величины воздушного зазора и количества витков во всех обмотках трансформатора;
- расчет параметров и выбор элементов выходного высокочастотного выпрямительного диода;
- расчет параметров и выбор элементов выходного сглаживающего фильтра;
- выбор варианта схемы защиты силового ключа от перенапряжений и расчет номиналов элементов блокировки высоковольтного выброса напряжения на ключевом элементе.
- получение временных диаграмм выпрямительных диодов u_{ak} , i_a ; выпрямительного напряжения u_d ; напряжений и токов: трансформатора u_1 , i_1 , u_2 , i_2 ; напряжение и ток транзистора u_{DS} , i_D напряжение и ток диода u_{ak} , i_a напряжение на выходе $u_{вых}$.
- проектирование печатной платы импульсного источника питания.

Таблица 9 — Варианты заданий

№ вар.	ΔU_C %	F_C (Гц)	U_{H1} (В)	U_{H2} (В)	I_{H1} (А)	I_{H2} (А)	ΔU_H %	$F_{ПР}$ (кГц)	Испол- нение	Тип ОС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	+5/-10	50	+5	+12	0.5	10	1	66	Adap.	1
2	+10/-15	60	+9	+24	1	3.8	5	132	Open	2
3	+15/-20	60	+12	-36	1.5	2.8	10	66	Adap.	3
4	+5/-10	50	+15	+48	2	1.8	15	132	Open	4
5	+10/-15	50	+5	+75	2.5	0.8	20	66	Adap.	1
6	+15/-20	60	+9	+12	0.5	9	1	132	Open	2
7	+5/-10	60	+12	+24	1	4.8	5	66	Adap.	3
8	+10/-15	50	+15	-36	1.5	3.8	10	132	Open	4
9	+15/-20	60	+5	+48	2	3.8	15	66	Adap.	1
10	+5/-10	50	+9	+75	2.5	2.8	20	132	Open	2
11	+10/-15	60	+12	+12	0.5	1.8	1	66	Adap.	3
12	+15/-20	50	+15	+24	1	0.8	5	132	Open	4
13	+5/-10	60	+5	-36	1.5	2.5	10	66	Adap.	1
14	+10/-15	50	+9	+48	2	4.8	15	132	Open	2
15	+15/-20	60	+12	+75	2.5	3.8	20	66	Adap.	3
16	+5/-10	50	+15	+12	0.5	10	1	132	Open	4
17	+10/-15	60	+5	+24	1	3.8	5	66	Adap.	1
18	+15/-20	50	+9	-36	1.5	2.8	10	132	Open	2
19	+5/-10	60	+12	+48	2	1.8	15	66	Adap.	3
20	+10/-15	50	+15	+75	2.5	0.8	20	132	Open	4
21	+15/-20	60	+5	+12	0.5	9	1	66	Adap.	1
22	+5/-10	50	+9	+24	1	4.8	5	132	Open	2
23	+10/-15	60	+12	-36	1.5	3.8	10	66	Adap.	3
24	+15/-20	50	+15	+48	2	3	15	132	Open	4
25	+5/-10	60	+5	+75	2.5	1.5	20	66	Adap.	1

ΔU_C % – допустимое отклонение сетевого напряжения;

F_C , Гц – частота сети;

U_{H1} , В – напряжение нагрузки первого канала;

U_{H2} , В – напряжение нагрузки второго канала;

I_{H1} , А – ток нагрузки первого канала;

I_{H2} , А – ток нагрузки второго канала;

ΔU_H % – допустимое отклонение выходного напряжения (по каждому каналу);

$F_{ПР}$, кГц – частота преобразования.

Исполнение:

Adap. – в корпусе

Open – открытое

Тип ОС (тип обратной связи):

1 – Primary Resistor (косвенная стабилизация выходного напряжения с помощью резистора);

2 – Primary Zener (косвенная стабилизация выходного напряжения с помощью стабилитрона);

3 – Secondary TL431 (непосредственная стабилизация выходного напряжения с помощью TL431);

4 – Secondary Zener (непосредственная стабилизация выходного напряжения с помощью стабилитрона).

6.6.3 Требования к пояснительной записке

Пояснительная записка должна содержать:

- титульный лист с указанием названия работы;
- оглавление пояснительной записки с указанием страниц;
- формулировку задания;
- введение;
- краткое аналитическое исследование по обзору литературы;
- разработку структурной и принципиальной схемы силовой части импульсного источника питания в соответствии с вариантом;
- обоснование и выбор элементов силовой части импульсного блока питания (сетевое фильтра, выпрямительных диодов, сглаживающего фильтра, а так же расчет параметров трансформатора, элементов цепи выходного каскада, цепи обратной связи и радиатора) в соответствии с вариантом задания).
- разработку печатной платы импульсного источника питания;
- заключение;
- список литературы;
- в приложениях:
 - принципиальная схема (оформление в соответствии с ЕСКД);
 - временные диаграммы выпрямительных диодов u_{ak} , i_a ; выпрямительное напряжение u_d ; напряжений и токов: трансформатора u_1 , i_1 , u_2 , i_2 ; напряжение и ток транзистора u_{DS} , i_D напряжение и ток диода u_{ak} , i_a .напряжение на выходе $u_{вых}$.
- перечень элементов (оформление в соответствии с ЕСКД);
- чертеж печатной платы.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Негадаев, В. А. Силовая электроника : учеб. пособие / В. А. Негадаев ; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. — Кемерово, 2020. — 125 с. — URL: <https://obuchalka.org/20211019137602/silovaya-elektronika-negadaev-v-a-2020.html> (дата обращения: 30.08.2024).

2. Фролов, В. Я. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink : учебное пособие / В. Я. Фролов, В. В. Смородинов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-2583-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212921> (дата обращения: 30.08.2024).

Дополнительная литература

1. Харасов, Х.К. Энергосберегающая энергетическая электроника: учебное пособие / Х.К. Харасов, В.П. Мартынов — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. — 49 с. URL: https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000564839&dtype=F&etype=.pdf (дата обращения: 30.08.2024).

2. Забродин, Ю.С. Промышленная электроника : учебник для студ. энерг. и электротехн. спец. вузов / Ю.С. Забродин. М. : Высшая шк., 1982. — 496 с.

3. Попков, О.З. Основы преобразовательной техники : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнология" / О.З. Попков. 3-е изд., стер. М. : МЭИ, 2010. — 200 с.

4. Розанов, Ю.К. Основы силовой преобразовательной техники : учебник для техникумов / Ю.К. Розанов. М. : Энергия, 1979. — 392 с.

5. Руденко, В.С. Основы преобразовательной техники : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. "Промышленная электроника" / В.С. Руденко, В.И. Сенько, И.М. Чижено. 2-е изд., перераб.и доп. М.: Высшая шк., 1980. — 424 с.

Учебно-методическое обеспечение

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Силовая электроника» : (для студ. направлений подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Системы силовой электроники в электротехнологиях» и 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», : профиль «Компьютерное проектирование систем силовой электроники» 3 курса всех форм обучения) / сост. А.М. Афанасьев, В.И. Ушаков, А.В. Еремина ; Каф. Радиофизики . — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР ДонГТИ, 2022 . — 46 с. — URL: <https://library.dontu.ru/download.php?rec=131296> — Текст : электронный. (дата обращения: 30.08.2024).

2. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Силовая электроника» : 3 курса всех форм обучения) : (для студ. напр. подг. 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», проф. «Системы силовой электроники в электротехнологиях» и 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», проф. «Компьютерное проектирование систем силовой электроники» / сост. А.М. Афанасьев, В.И. Ушаков ; Каф. Радиофизики . — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР ДонГТИ, 2022 . — 56 с. — URL: <https://library.dontu.ru/download.php?rec=131284> — Текст : электронный. (дата обращения: 30.08.2024).

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

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.

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

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

4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.

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

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест), оборудованная проектором EPSON EMP-X5 (1 шт.); домашний кинотеатр HT-475 (1 шт.); персональный компьютер, локальная сеть с выходом в Internet</i>	ауд. <u>206</u> корп. <u>3</u>
Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы: <i>Лаборатория преобразовательной и микропроцессорной техники (25 посадочных мест) для проведения практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, для организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, оборудованная учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС</i>	ауд. <u>203</u> корп. <u>3</u>
<i>Компьютерный класс (11 посадочных мест) для групповых и индивидуальных консультаций, организации самостоятельной работы, оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС, доской маркерной магнитной</i>	ауд. <u>207</u> корп. <u>3</u>

Лист согласования РПД

Разработали:

доцент кафедры
электроники и радиофизики
(должность)


(подпись)

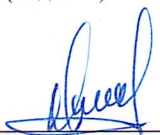
А.М. Афанасьев
(Ф.И.О.)

ст. преп. кафедры
электроники и радиофизики
(должность)


(подпись)

А.В. Еремина
(Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой
электроники и радиофизики

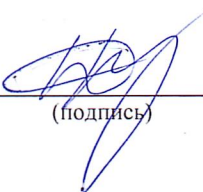

(подпись)

А.М. Афанасьев
(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электроники и радиофизики

от 30.08.2024 г.

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


(подпись)

В.В. Дьячкова
(Ф.И.О.)

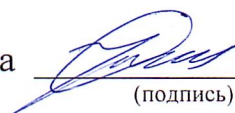
Согласовано

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


(подпись)

А.М. Афанасьев
(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


(подпись)

О.А. Коваленко
(Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

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