Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
информационных технологий и
автоматизированных систем
_____ А.В. Зимин
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Силовая электроника

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(направленность (профиль): «Электроэнергетика и электротехника»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная форма

Срок обучения: 4 года 6 месяцев

Год начала подготовки 2026

Новокузнецк
2026

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: e95695aa2c5fd4a2ad858d663abfeefbdf88f7d3
Владелец: Директор ИИТиАС Зимин Алексей Валерьевич
Действителен: с 2 апреля 2026 г. по 26 июня 2027 г.
Дата и время: 20-04-2026 14:33:54 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– сформировать у студентов представления о энергетической электронике и полупроводниковых устройствах преобразования электрической энергии, а также об области силовой электроники в целом.

Задачами учебной дисциплины являются:

– получение представлений о классификации устройств преобразовательной техники;
– изучение типовых технических решений и примеры схем устройств преобразовательной техники;
– определение требований и характеристик преобразовательных устройств;
– использование методов расчета электрических схем преобразователей;
– приобретение умений выбирать, проектировать, налаживать и эксплуатировать устройства силовой электроники промышленных установок.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Электротехнические материалы;
– Электротехника. Общая часть;
– Электротехника. Специальная часть.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и комплексов;
– Микропроцессорные системы управления электроприводов;
– Возобновляемые источники энергии;
– Моделирование электротехнических устройств и систем.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Профессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ПК	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Планируемые результаты обучения
	ПК-1: Способен принимать участие в предпроектном обследовании оборудования и подготовке технико-экономического обоснования создания системы электропривода	ПК-1.2 Определяет характеристики оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода, и подготавливает технико-экономическое обоснование создания системы электропривода	– знать: номенклатуру современного оборудования в области электропривода. – уметь: определять характеристики оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода, и подготавливать технико-экономическое обоснование создания системы электропривода.
		ПК-1.3 Подготавливает материалы для отчета по результатам обследования оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода	– знать: требования к современным техническим решениям систем электропривода. – уметь: подготавливать материалы для отчета по результатам обследования оборудования, для которого разрабатывается проект системы электропривода.
	ПК-2: Способен подготавливать текстовую и графическую части эскизного и технического проектов системы электропривода	ПК-2.3 Выбирает оборудование для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода	– знать: номенклатуру современного оборудования, применяемого в системах электропривода . – уметь: выбирать оборудование для отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования

			системы электропривода.
	ПК-4: Способен участвовать в испытаниях вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования	ПК-4.1 Выбирает методы проверки вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования	– знать: методы проверки вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования. – уметь: выбирать методы проверки вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Сессия / курс		***ИТОГО***	***1 сессия / 3 курс***	***2 сессия / 3 курс***	***3 сессия / 3 курс***
Форма промежуточной аттестации				*экзамен*	*зачет, зачет с оценкой по КР*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***252***	*36*	*72*	*144*
	зачетных единиц	***7***	*1*	*2*	*4*
Лекции, *академ. час.*		***2***	*2*	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*	*0*
Практические занятия, *академ.*		***12***	*0*	*4*	*8*

час.				
в форме практической подготовки	***0***	*0*	*0*	*0*
Курсовая работа, *академ. час.*	***36***	*0*	*0*	*36*
в форме практической подготовки	***0***	*0*	*0*	*0*
Консультации, *академ. час.*	***0***	*0*	*0*	*0*
в форме практической подготовки	***0***	*0*	*0*	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*	***189***	*34*	*59*	*96*
в форме практической подготовки	***0***	*0*	*0*	*0*
Контроль, *академ. час.*	***13***	*0*	*9*	*4*
в форме практической подготовки	***0***	*0*	*0*	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Современная элементная база энергетической электроники;

Тема 1.1 Современные дискретные полупроводниковые устройства энергетической электроники (IGBT-транзисторы, GTO- и IGCT-тиристоры);

Тема 1.2 Современные комплексные полупроводниковые устройства энергетической электроники (Интеллектуальные модули. Драйверы. Оптоэлектронные устройства);

Раздел 2 Современная схемотехника и алгоритмы управления энергетической электроники;

Тема 2.1 Современная схемотехника энергетической электроники (Инверторы напряжения с ШИМ. Многоуровневые инверторы напряжения с ШИМ. Высоковольтные инверторы напряжения на IGCT. Резонансные инверторы. Инверторы тока с ШИМ. Циклоконверторы. Матричные преобразователи);

Тема 2.2 Современные алгоритмы управления устройствами энергетической электроники (Понятие результирующего вектора. Системы координат. Понятие векторной ШИМ в ИН и ИТ. Векторная многозонная ШИМ в многоуровневых ИН. Способы повышения энергетической эффективности и качественных показателей выходной электроэнергии устройств СЭ).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	**Темы лекций**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Тема 1.1.	Современные дискретные полупроводниковые	0.5	

	устройства энергетической электроники		
Тема 1.2.	Современные комплексные полупроводниковые устройства энергетической электроники	0.5	
Тема 2.1.	Современная схемотехника энергетической электроники	0.5	
Тема 2.2.	Современные алгоритмы управления устройствами энергетической электроники	0.5	
Итого:		**2**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	**Темы практических занятий (семинаров)**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1; Тема 1.1.	Исследование схем и характеристик выпрямителей однофазного тока	2	
Раздел 1; Тема 1.2.	Исследование схем полупроводниковых стабилизаторов напряжения	2	
Раздел 2; Тема 2.1.	Исследование работы фильтров выпрямленного напряжения	2	
Раздел 2; Тема 2.1.	Исследование характеристик однофазного управляемого выпрямителя на тиристорах при работе на различные виды нагрузок	2	
Раздел 2; Тема 2.2.	Исследование характеристик трёхфазного с выводом нулевой точки трансформатора выпрямителя	2	
Раздел 2; Тема 2.2.	Исследование характеристик трёхфазного мостового выпрямителя	2	
Итого:		**12**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1; Раздел 2.	Расчёт полупроводникового преобразователя (по вариантам)	36	
Итого:		**36**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	72	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Контрольная работа; 3. Оформление отчета о практической работе; 4. Подготовка к практическому занятию; 5. Прохождение тестирования.	117	
Курсовая работа	*Выполнение курсовой работы*	36	0
Контроль	*Подготовка к экзамену*	9	
Контроль	*Подготовка к зачёту*	4	
Итого:		**238**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Отчет о практической работе; 4. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 5. Тестовые задания
Раздел 2.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; 2. Контрольная работа; 3. Наблюдение за работой на практическом занятии; 4. Отчет о практической работе; 5. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 6. Тестовые задания
Курсовая работа.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Вопросы к защите курсовой работы
Зачет.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Зачет на основе результатов текущего контроля
Экзамен.	ПК-1; ПК-2; ПК-4	1. Вопросы к экзамену; 2. Задачи к экзамену

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля − определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – тестирование.

Длительность тестирования – 20 минут.

Тестирование проводится в течение первых двух недель изучения учебной дисциплины в СУО СибГИУ.

Для проведения тестирования используются тестовые задания для входного контроля (для ответа на 1 вопрос, как правило, выделяется 1 минута).

Шкала оценивания результатов тестирования

За каждый правильный ответ выставляется 1 балл. Оценка выставляется в зависимости от процента правильных ответов:

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка
86 до 100	«отлично»
от 67до 85	«хорошо»
от 50 до 66	«удовлетворительно»
менее 50	«неудовлетворительно»

Основываясь на результатах тестирования, формируется индивидуальная траектория обучающегося (группы обучающихся), исходя из следующих соображений:

– 86 – 100 % – обучающийся готов к изучению учебной дисциплины без дополнительного повторения изученного ранее материала;

– 50 – 67 % – обучающийся в целом готов к изучению учебной дисциплины, требуется повторение отдельных вопросов(тем) изученного ранее материала, необходимого для успешного освоения учебной дисциплины;

– 49% и менее – обучающийся имеет слабую подготовку к изучению учебной дисциплины, необходимы корректирующие занятия и консультации.

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО СибГИУ.

Формы проведения текущего контроля – вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; контрольная работа; наблюдение за работой на практическом занятии; отчет о

практической работе; оценивание этапов выполнения курсовой работы; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию этапов выполнения курсовой работы

Курсовая работа – конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве, а также уровень сформированности аналитических, исследовательских умений, умений практического и творческого мышления.

Оценивание этапов выполнения курсовой работы проводится в рамках текущей аттестации (три раза в семестр) в соответствии с графиком выполнения курсовой работы по учебной дисциплине. Результаты аттестации обучающихся по выполнению ими курсовой работы оцениваются руководителями в процентах от общего объема выполненной работы. Сроки выполнения курсовой работы устанавливаются кафедрой в графике выполнения курсовой работы. График выполнения курсовой работы выдается старостам групп в начале каждого семестра.

Критерии оценки % выполнения курсовой работы

Этап работы	% выполнения	Форма отчетности
Анализ исходных числовых данных. Постановка задачи проектирования.	20	Раздел курсовой работы
Проектирование преобразователя с заданными параметрами.	60	Раздел курсовой работы
Разработка программного и аппаратного обеспечения. Моделирование преобразователя, проверка работоспособности.	80	Раздел курсовой работы
Оформление графического материала (чертежей, схем графической части курсового проекта)	90	Готовый графический материал
Оформление расчётно-пояснительной записки курсового проекта	100	Готовая курсовая работа

Критерии оценки курсовой работы

Критерии оценки выполнения курсовой работы	Оценка
Задание выполнено полностью: цель достигнута; основные понятия выделены; имеются в наличии схемы, графическое выделение особо значимой информации; все выводы и рекомендации обоснованы, работа тщательно вычитана, отсутствуют грамматические и стилистические ошибки, работа выполнена в полном объёме; процент выполнения задания соответствует плановому.	отлично
Задание выполнено: цель выполнения достигнута; наличие правильных эталонных ответов; однако работа выполнена не в полном объёме, имеются единичные опечатки, орфографические, пунктуационные, грамматические, стилистические ошибки; график выполнения задания нарушен на 10 – 20 %.	хорошо
Задание выполнено частично: цель выполнения достигнута не полностью; многочисленные ошибки снижают качество выполненной работы; работа представлена с отклонением от запланированного срока на 50 %.	удовлетворительно
Задание не выполнено, цель работы не достигнута.	неудовлетворительно

12.2.2 Рекомендации по оцениванию контрольной работы

Контрольная работа – это самостоятельная форма учебной деятельности обучающегося, которая осуществляется без непосредственного руководства и контроля со стороны педагогического работника, но по его поручению.

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный ответ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– использование при ответе требований нормативных документов, учебной литературы (обязательное условие);

– использование графических элементов с целью выделения особо значимой информации: таблиц, схем, рисунков и т.п.

Критерии оценки контрольной работы

Наименование параметра оценки	Оценка
Обучающийся выполнил задание в полном объёме; полно и	отлично

Наименование параметра оценки	Оценка
аргументировано отвечает по содержанию задания; обнаруживает понимание материала; может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно.	
Обучающийся выполнил задание, удовлетворяющее тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает несколько незначительных ошибок.	хорошо
Обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений задания, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке ответа; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.	удовлетворительно
Обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений или ответа в целом, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО СибГИУ в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно

9	–	неудовлетворительно

12.2.4 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

12.2.5 Рекомендации по оцениванию отчета о практической работе

Оформление отчета о проделанной практической работе обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы.

Критерии оценки отчета о практической работе:

– правильность выполнения работы (учитывается полнота отчета о практической работе, наличие всех необходимых данных, наличие выводов, наличие ошибок и неточностей);

– аккуратность оформления отчета о практической работе.

Критерии оценки отчета о практической работе

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Отчет о практической работе содержит все необходимые данные и выводы.	2,5
Отчет о практической работе не содержит ошибок и неточностей.	1,25
Отчет о практической работе оформлен аккуратно.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

12.2.6 Рекомендации по оцениванию ответов на вопросы в процессе собеседования при защите отчета о практической работе

Подготовку к защите отчета о практической работе обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы. Вопросы для подготовки к защите отчета о практической работе представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Критерии оценки устных ответов на вопросы при защите отчета о практической работе:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей обучающихся).

Критерии оценки устных ответов обучающихся на вопросы при защите отчета о практической работе

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Излагает материал последовательно и правильно; полно и аргументировано отвечает по содержанию задания.	2,5

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные.	1,25
Рационально использует время, отведенное на ответ; устный ответ не затянут во времени.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: зачет; курсовая работа; экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к защите курсовой работы; вопросы к экзамену; задачи к экзамену; зачет на основе результатов текущего контроля.

13.2 Оценивание обучающегося на зачете

Оценка	Требования к знаниям
зачтено	Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения, а также имеет достаточно полное представление о значимости знаний по учебной дисциплине.
не зачтено	Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы.

Оценка	Требования к знаниям
	Как правило, оценка «не зачтено» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

13.3 Оценивание обучающегося на защите курсовой работы

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все требования к выполнению и защите курсовой работы: соблюдены требования к внешнему оформлению, последовательно изложен материал; при защите обучающийся демонстрирует умения применять теоретические знания основной и дополнительной литературы, может показать и объяснить применение технологических решений, использованных в курсовой работе; даны правильные ответы на вопросы, заданные в процессе защиты курсовой работы.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если основные требования к выполнению и защите курсовой работы выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в решениях, имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите курсовой работы даны неполные ответы.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если имеются существенные отступления от требований к выполнению и защите курсовой работы. В частности: задача решена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании и оформлении; при ответе на дополнительные вопросы на защите курсовой работы обучающийся показывает знания только основного материала, испытывает затруднения при объяснении выбранных решений.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача решена лишь частично; допущены грубые ошибки в содержании и при оформлении или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты курсовой работы обучающийся обнаруживает существенное непонимание проблемы.

Если допущены существенные недостатки в оформлении курсовой работы, опущен или не написан какой-либо раздел, имеются отступления от задания на курсовую работу, то такая курсовая работа возвращается обучающемуся на доработку.

13.4 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при

Оценка	Требования к знаниям
	видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Розанов, Ю. К. Силовая электроника : учебник и практикум для вузов / Ю. К. Розанов, М. Г. Лепанов. – Москва : Юрайт, 2026. – 206 с. – ISBN 978-5-9916-9440-7. – URL: https://urait.ru/bcode/583437 (дата обращения: 05.02.2026);

2 Миловзоров, О. В. Электроника : учебник для вузов / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2026. – 397 с. – ISBN 978-5-534-19967-3. – URL: https://urait.ru/bcode/582746 (дата обращения: 05.02.2026);

3 Родыгин, А. В. Силовая электроника : учебное пособие / А. В. Родыгин. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 72 с. – ISBN 978-5-7782-3289-1. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576751 (дата обращения: 05.02.2026);

4 Шогенов, А. Х. Аналоговая, цифровая и силовая электроника : учебник / А. Х. Шогенов, Д. С. Стребков, Ю. Х. Шогенов ; ред. Д. С.

Стребков. – Москва : Физматлит, 2017. – 416 с. – ISBN 978-5-9221-1784-5. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485494 (дата обращения: 05.02.2026).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

8 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Scilab;

– Р7-Офис;

– Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном или мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- учебную аудиторию для проведения курсового проектирования;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Составитель(и):

доцент Модзелевский Дмитрий Евгеньевич (кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Руководитель проектов
отдела по внедрению АСУ ТП
РИЦ АСУТП «Сибирь
ООО «ЕвразТехника»
должность, степень, звание
представителя работодателя



Д. Г. Чудинов
инициалы, фамилия

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

Выберите один правильный ответ.

1. Операционный усилитель имеет:
   а) два выхода и два входа
   б) один вход и два выхода
   в) два входа и один выход
   г) один вход и два выхода

2. Триггер со счётным входом переключается при…
   а) поступлении на вход следующего импульса
   б) изменении полярности входного импульса
   в) изменении амплитуды входного импульса
   г) изменении питающего напряжения

3.Коэффициент усиления по напряжению транзисторного каскада определяется по формуле:

а) $K_U = \frac{U_{вх}}{U_{вых}}$

б) $K_U = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$

в) $K_U = \frac{U_{вых}}{U_{вых} + U_{вх}}$

г) $K_U = \beta \frac{U_{вх}}{U_{вых}}$

4. Полупроводниковый диод применяется в устройствах электроники для цепей…
   а) усиления напряжения
   б) выпрямления переменного напряжения
   в) стабилизации напряжения
   г) регулирования напряжения

5. Тиристор используется в цепях переменного тока для …
   а) усиления тока
   б) усиления напряжения
   в) регулирования выпрямленного напряжения
   г) изменения фазы напряжения

6. Выходы триггера имеют название:

а) инвертирующий и неинвертирующий
б) положительный и отрицательный
в) прямой и обратный
г) прямой и инвертный

7. Коэффициент усиления транзисторного каскада по току:

а) $K_I = \beta \frac{I_{вх}}{I_{вых}}$

б) $K_I = \beta \frac{I_{вых}}{I_{вх}}$

в) KI = Uвх / Uвых
г) KI = Iвых / Iвх

8. Положительная обратная связь используется в…
а) выпрямителях
б) генераторах
в) усилителях
г) стабилизаторах

9. Напряжение между входами операционного усилителя
а) равно 0
б) равно Uпит
в) больше 0
г) Равно Uо.с.

10. Коэффициент усиления инвертирующего операционного усилителя с обратной связью:
А) К=Rос/Rвх
Б) К=(Rвх+Rос)/ Rос
В) К=Rвх/Rос
Г) К= Rвх/(Rвх+Rос)

11. Отрицательная обратная связь в усилителях используется с целью…
а) повышения стабильности усилителя
б) повышения коэффициента усилителя
в) повышения размеров усилителя
г) снижения напряжения питания

12. Основная характеристика резистора:
а) индуктивность L
б) сопротивление R
в) ёмкость C
г) индукция B

13. Полупроводниковый диод имеет структуру…
    а) p-n-p
    б) n-p-n
    в) p-n
    г) p-n-p-n

14. Электроды полупроводникового диода имеют название:
    а) катод, управляющий электрод
    б) база, эмиттер
    в) катод, анод
    г) база 1, база 2

15. Электроды полупроводникового транзистора имеют название:
    а) коллектор, база, эмиттер
    б) анод, катод, управляющий электрод
    в) сток, исток, затвор
    г) анод, сетка, катод

16. Коэффициент усиления по напряжению эмиттерного повторителя:
    а) $К_U=\infty$
    б) $К_U=0$
    в) $К_U>1$
    г) $К_U<1$

17. Триггером называют устройство…
    а) с двумя устойчивыми состояниями
    б) с одним устойчивым состоянием
    в) с тремя устойчивыми состояниями
    г) без устойчивых состояний

18. Полупроводниковый тиристор имеет структуру…
    а) p-n-p
    б) n-p-n
    в) p-n
    г) p-n-p-n

19. Триггер имеет количество выходов:
    а) 2
    б) 1
    в) 3
    г) 4

20. Для стабилизации рабочей точки усилительного каскада используют:
    а) увеличение сопротивления нагрузки
    б) повышение напряжения питания

в) введение отрицательной обратной связи по постоянному току..

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

Раздел 1. Современная элементная база энергетической электроники

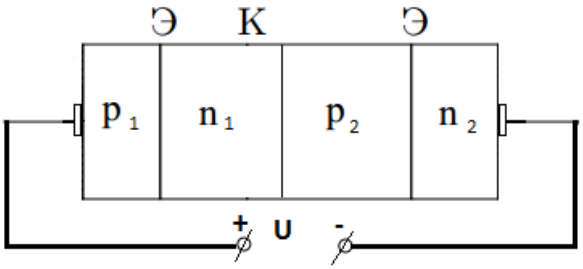
1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО СибГИУ.

Перечень вопросов для тестирования:

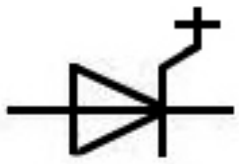
1. Четырехслойный полупроводниковый прибор, обладающий двумя устойчивыми состояниями, называется
   1. диод
   2. полевой транзистор
   3. тиристор
   4. биполярный транзистор

2. На рисунке показана структура



   1. однооперационного тиристора
   2. двухоперационного тиристора
   3. симистора
   4. динистора

3. На рисунке показано схемное изображение



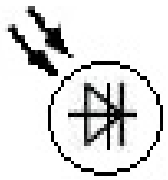
   1. однооперационного тиристора
   2. двухоперационного тиристора

3. симистора
4. динистора

4 Контактная разность потенциалов p-n перехода кремниевых и германиевых диодов составляет

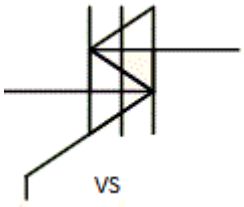
1. 0,3 – 0,8 В
2. 3 – 8 В
3. 10 – 15 В
4. 2 – 2,5 В

5 На рисунке показано схемное изображение



1. светодиода
2. фотодиода
3. фототиристора
4. симистора

6 На рисунке показано схемное изображение



1. однооперационного тиристора
2. двухоперационного тиристора
3. симистора
4. динистора

7 Тиристоры, в которых переход прибора из закрытого состояния в открытое происходит при достижении напряжения между анодом и катодом некоторой граничной величины, называются

1. динисторы
2. однооперационные тиристоры
3. двухоперационные тиристоры
4. симисторы

8 Для того, чтобы открыть тиристор, необходимо подать следующие сигналы

1. плюс на катод, импульс на управляющий электрод
2. минус на анод, импульс на управляющий электрод
3. плюс на анод, минус на катод, импульс на управляющий электрод
4. плюс на анод, минус на катод

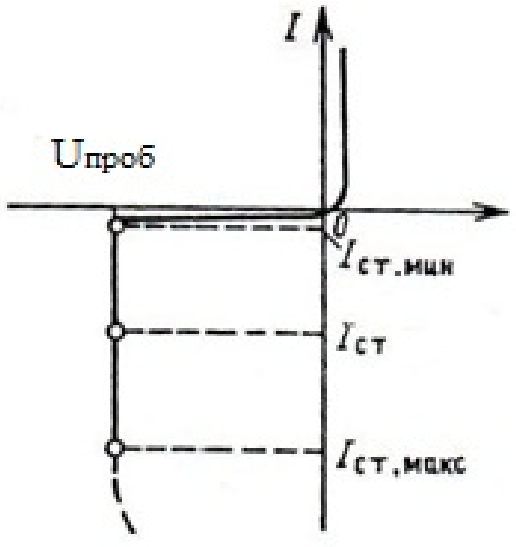
9 Ток, при котором происходит закрывание тиристора, называется

1. ток закрывания
2. ток уменьшения
3. ток удержания
4. ток восстановления

10 Напряжение между анодом и катодом, при котором открывается динистор, называется

1. напряжение открывания
2. напряжение включения
3. напряжение пробоя
4. напряжение инжекции

11. На рисунке изображена вольтамперная характеристика



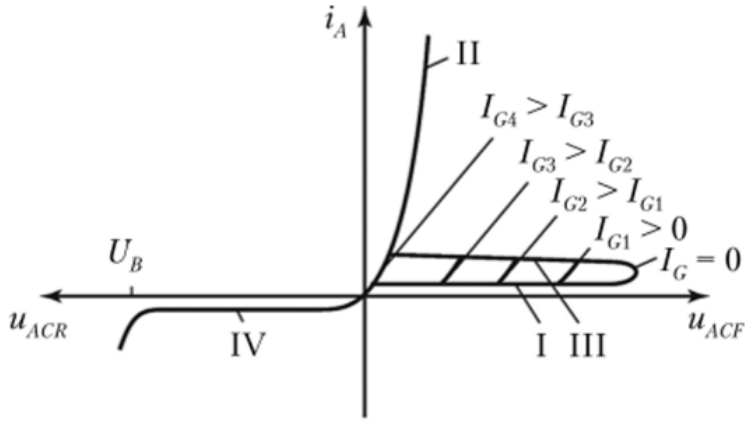
1. выпрямительного диода
2. стабилитрона
3. биполярного транзистора
4. тиристора

12. Диод, предназначенный для преобразования переменного тока в постоянный, называется

1. туннельный

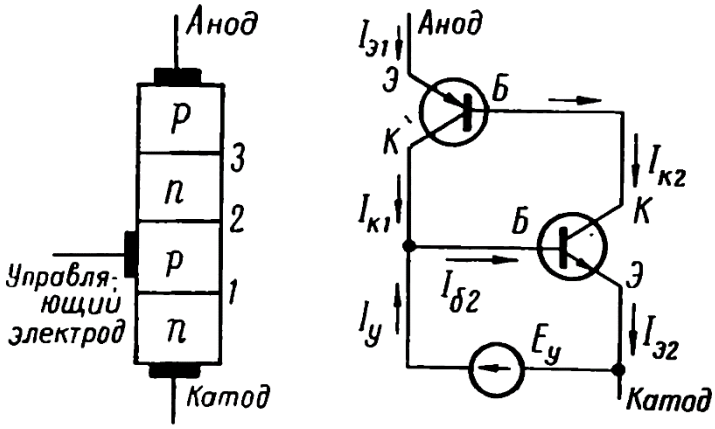
2. обратный
3. выпрямительный
4. импульсный

13. На рисунке изображены вольтамперные характеристики



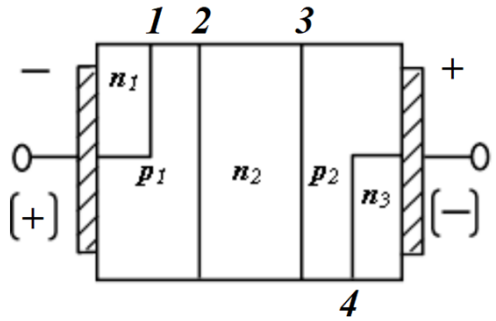
1. диода
2. биполярного транзистора
3. симистора
4. тиристора
5. динистора

14. На рисунке изображена структура и схема замещения



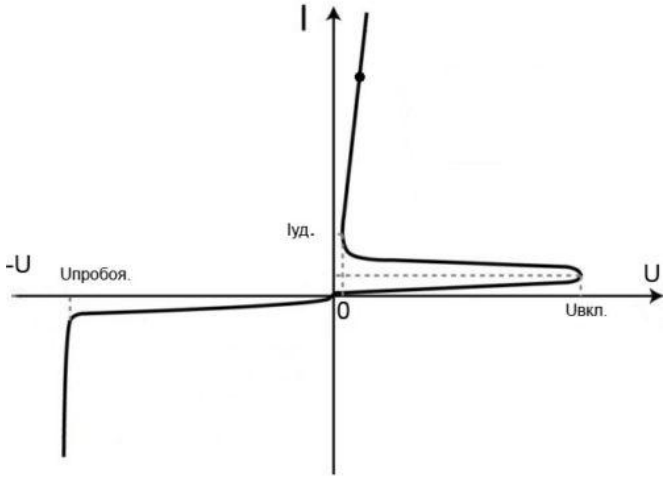
1. транзистора
2. диода
3. одноооперационного тиристора
4. симистора
5. двухоперационного тиристора

15. На рисунке изображена структура



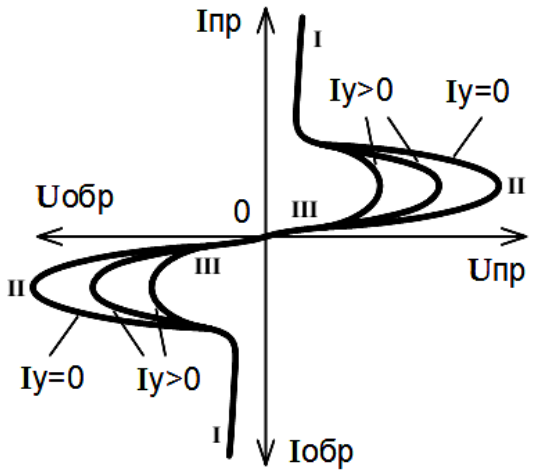
1. динистора;
2. диода;
3. тиристора;
4. симистора;
5. диака.

16. На рисунке изображены вольтамперные характеристики



1. диода;
2. двухоперационного тиристора;
3. симистора;
4. одноооперационного тиристора;
5. динистора

17. На рисунке изображены вольтамперные характеристики



1. диода;
2. двухоперационного тиристора;
3. симистора;
4. одноооперационного тиристора;
5. динистора

18. Вывод, подсоединяемый к внешнему p-слою тиристора, называется
1. анод
2. катод
3. база
4. управляющий электрод

19. Вывод, подсоединяемый к внешнему n-слою тиристора, называется
1. анод
2. катод
3. база
4. управляющий электрод

20. Вывод, подсоединяемый к внутреннему p-слою (n-слою) тиристора, называется
1. анод
2. катод
3. база
4. управляющий электрод

Раздел 2. Современная схемотехника и алгоритмы управления энергетической электроники

1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО СибГИУ.

Перечень вопросов для тестирования:

1. Тиристорные преобразователи постоянного тока предназначены для преобразования:

а) неизменного U постоянного I в регулируемое U переменного I

б) неизменного U переменного I в регулируемое U переменного I

в) неизменного U переменного I в регулируемое U постоянного I

г) неизменного U постоянного I в регулируемое U постоянного I

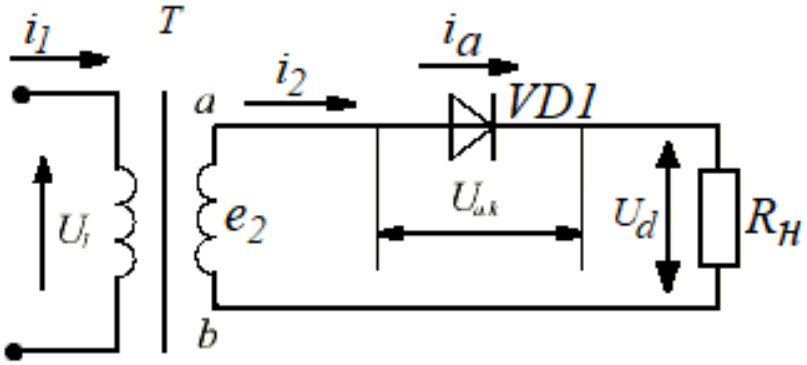
2. Коэффициент сдвига при определении коэффициента мощности выпрямителя определяется выражением:

а) $\cos\varphi = \cos(\alpha + \gamma)$;

б) $\cos\varphi = \cos(\alpha + \frac{\gamma}{2})$;

в) $\cos\varphi = \cos(\frac{\alpha}{2} + \gamma)$.

3. Какая схема выпрямителя изображена на рисунке



а) однофазного со средней точкой

б) однофазного однополупериодного

в) однофазного мостового

4. Каких типов бывают сглаживающие фильтры?

а) Фильтры только на пассивных RLC-элементах

б) Только активные фильтры

в) Фильтры на пассивных RLC-элементах и активные фильтры

5. В каких случаях применяется индуктивный фильтр?

а) Когда требуется обеспечить непрерывность напряжения в цепи нагрузки и благоприятный режим работы выпрямителя
б) Когда требуется обеспечить непрерывность тока в цепи нагрузки и благоприятный режим работы выпрямителя

6. Основной особенностью инвертора ведомого сетью является:
а) эти инверторы отдают энергию в сеть переменного тока;
б) питают нагрузку переменного тока не имеющую других источников питания;
в) не только преобразуют постоянный ток, но и инвертируют его по фазе;

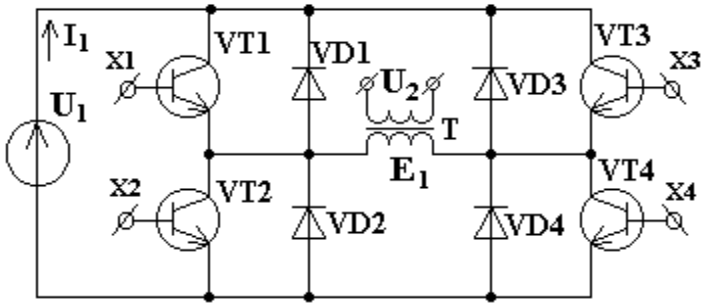
7. Какое соотношение L_d и L_a в выпрямителях со сглаживающим дросселем
а) $L_d = L_a$
б) $L_d < L_a$
в) $L_d >> L_a$

8. Чему равен коэффициент пульсации
а) $q_{(i)}=U_{(i)m}*U_d$
б) $q_{(i)}=U_{(i)m}/U_d$
в) $q_{(i)}=1$

9. Условие совместного согласованного управления реверсивным приводом ПТ от тиристорного преобразователя:
а) $\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2 = 0$;
б) $\alpha_1 + \beta_2 = \pi$;
в) $\beta_2 + \alpha_2 = \frac{\pi}{2}$.

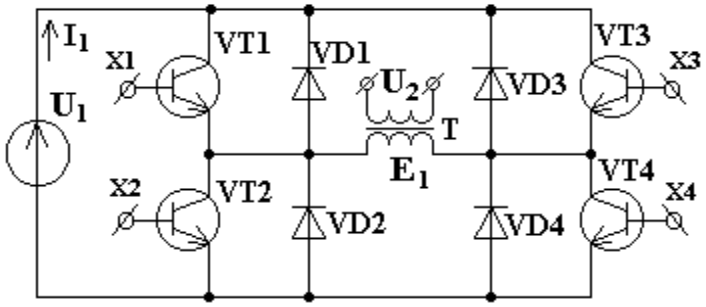
10. Типовая мощность трансформатора в трёхфазной мостовой схеме выпрямителя:
а) $S_{TP} = S_1 = S_2$;
б) $S_{TP} = S_1 + S_2$;
в) $S_{TP} = \frac{S_1 + S_2}{2}$.

11. Схема инвертора, представленная на рисунке, называется



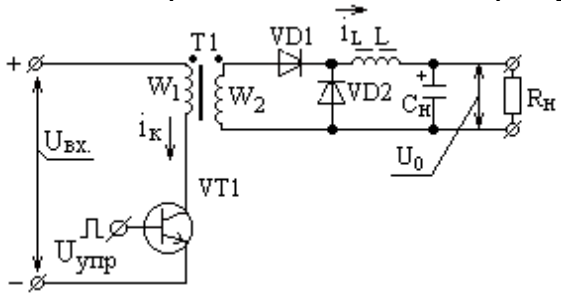
а) с самовозбуждением, с насыщающимся трансформатором;
б) с внешним управлением, однотактная, с прямым включением выпрямительного диода;
в) с внешним управлением, однотактная, с обратным включением выпрямительного диода;
г) с внешним управлением, двухтактная мостовая;
д) с внешним управлением, двухтактная полумостовая.

12. В схеме инвертора, представленной на рисунке транзисторы VT1, VT4 (VT2, VT3) при симметричном алгоритме управления работают



а) синхронно (в фазе);
б) в противофазе;
в) один всегда открыт, а у второго изменяется длительность сигнала управления;
г) режим и длительность произвольные.

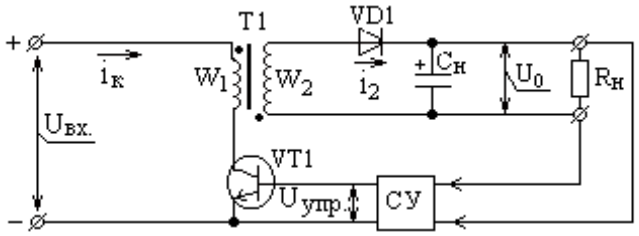
13. Схема преобразователя, представленная на рисунке называется



а) с самовозбуждением, с насыщающимся трансформатором;

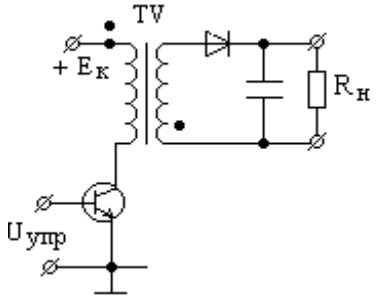
б) с внешним управлением, однотактная, с прямым включением выпрямительного диода;
в) с внешним управлением, однотактная, с обратным включением выпрямительного диода;
г) с внешним управлением, двухтактная мостовая;
д) с внешним управлением, двухтактная полумостовая.

14. Схема инвертора, представленная на рисунке называется



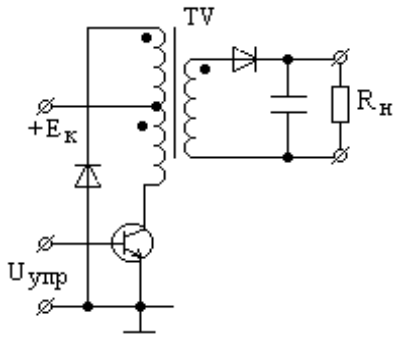
а) с самовозбуждением, с насыщающимся трансформатором;
б) с внешним управлением, однотактная, с прямым включением выпрямительного диода;
в) с внешним управлением, однотактная, с обратным включением выпрямительного диода;
г) с внешним управлением, двухтактная мостовая;
д) с внешним управлением, двухтактная полумостовая.

15. Какие перепады индукции имеют место в сердечнике трансформатора в схеме однотактного преобразователя с независимым возбуждением:



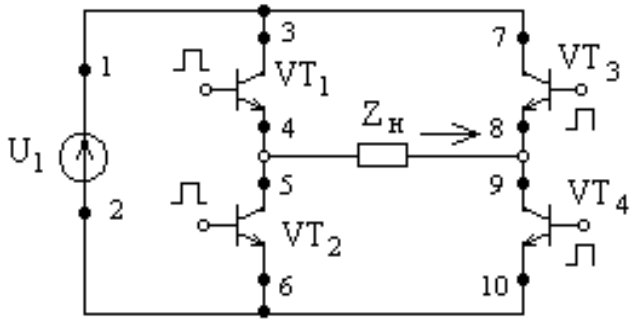
а) Bm;
б) 2Bm
в) 2Bm – Br;
г) Bm – Br.

16. Какие перепады индукции имеют место в сердечнике трансформатора в схеме однотактного преобразователя с независимым возбуждением:



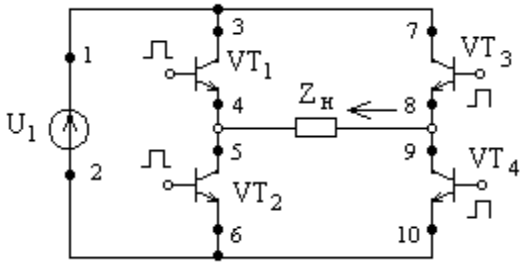
а) Bm;
б) 2Bm
в) 2Bm – Br;
г) Bm – Br.

17. Укажите путь тока источника U1 в направлении, указанном стрелкой на рисунке.



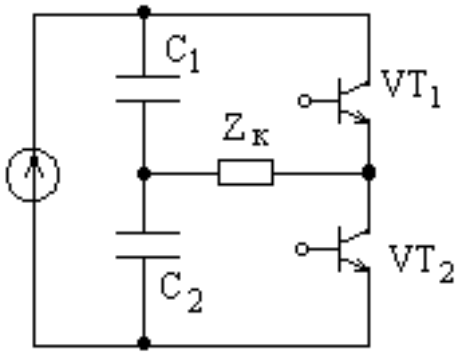
а) 1, 3, 4, 5, 6, 2
б) 1,3, 4, 9, 10, 2
в) 1, 7, 8, 9, 10, 2
г) 2, 6, 5, 8, 7, 1
д) 1, 7, 8, 5, 6, 2

18. Укажите путь тока источника U1 в направлении, указанном стрелкой на рисунке.



а) 1, 3, 4, 5, 6, 2
б) 1,3, 4, 9, 10, 2
в) 1, 7, 8, 9, 10, 2
г) 2, 6, 5, 8, 7, 1
д) 1, 7, 8, 5, 6, 2

19. Схема инвертора, представленная на рисунке, называется



а) с самовозбуждением, с насыщающимся трансформатором;
б) с внешним управлением, однотактная, с прямым включением выпрямительного диода;
в) с внешним управлением, однотактная, с обратным включением выпрямительного диода;
г) с внешним управлением, двухтактная мостовая;
д) с внешним управлением, двухтактная, полумостовая.

20. Какой вид обратной связи имеет место в автономном инверторе напряжения с самовозбуждением?
а) положительная по напряжению;
б) положительная по току;
в) отрицательная по напряжению;
г) отрицательная по току.

3 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

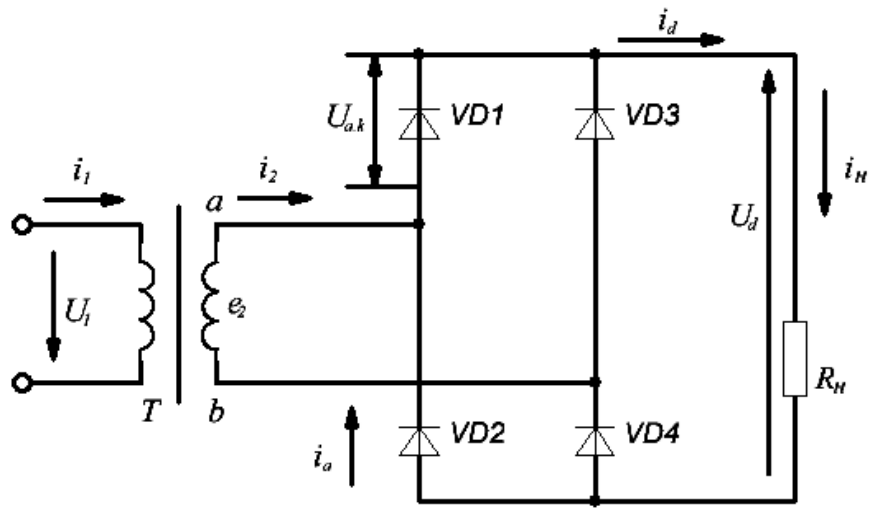
Примеры заданий для практических работ:

Раздел 1. Современная элементная база энергетической электроники

Практическая работа 1. Исследование схем и характеристик выпрямителей однофазного тока

1 Для схемы без потерь, представленной на рисунке, заданы входное напряжение U_1 = 220 В, напряжение на выходе выпрямителя U_d = 12 В и сопротивление нагрузки $R_н$ = 6 Ом. Найти предельно допустимые параметры диодов (Ia, Ia max, Ua.к. max); необходимый коэффициент трансформации трансформатора Кт и его расчётную мощность Рт; токи, протекающие через первичную I1 и вторичную I2 обмотки трансформатора; сечение магнитопровода S и диаметр

провода вторичной обмотки трансформатора d, если допустимая плотность тока J = 3 А/мм2.



2 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 220 В, U_d = 24 В, $R_н$ = 10 Ом, J = 4 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

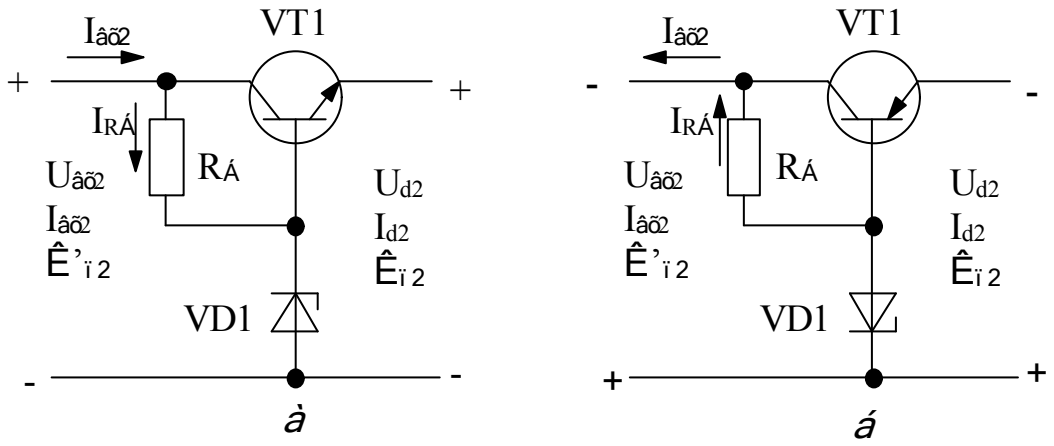
3 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 110 В, U_d = 12 В, $R_н$ = 5 Ом, J = 5 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

4 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 127 В, U_d = 50 В, $R_н$ = 5 Ом, J = 3 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

5 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 110 В, U_d = 60 В, $R_н$ = 12 Ом, J = 4 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

Практическая работа 2. Исследование схем полупроводниковых стабилизаторов напряжения

Рассчитать стабилизатор с усилителем тока на транзисторе по схеме.



Расчётная схема стабилизатора с усилителем тока на транзисторе:
а – для положительной полярности U_{d2};
б – для отрицательной полярности

Рассчитать параметры VT1, VD1, Rб, требуемое напряжение на входе. Исходными данными для расчёта являются: напряжение на выходе стабилизатора U_{d2}, ток нагрузки I_{d2}, коэффициент пульсаций напряжения $K_{п2}$.

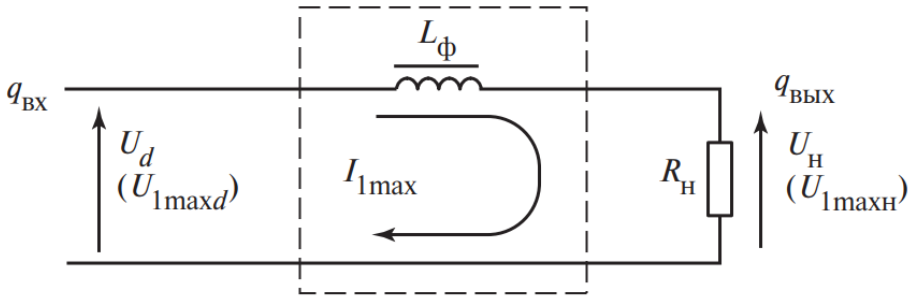
Исходные данные

по последней цифре варианта										
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
U_{d1}, В	5	6	9	12	15	20	24	27	12	15
I_{d1}, А	2,5	2	1,3	1	0,8	1	0,6	0,5	1	1
U_{d2}, В	36	42	48	120	150	160	180	200	-36	-48
I_{d2}, А	0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1	0,1	0,05	0,6	0,5
по предпоследней цифре варианта										
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
$K_{п1}$, % (U_{d1})	0,25	0,2	0,3	0,4	0,35	0,8	0,7	0,6	0,45	0,5
$K_{п2}$, % (U_{d2})	1	1,2	1,3	1,4	1,5	2	1,8	1,6	1,7	0,9

Раздел 2. Современная схемотехника и алгоритмы управления энергетической электроники

Практическая работа 3. Исследование работы фильтров выпрямленного напряжения

1 Простой индуктивный фильтр на выходе однофазного мостового выпрямителя (см. рисунок) должен обеспечить коэффициент пульсации на нагрузке не более 1 %, если Uн = 20 В, Rн = 40…80 Ом. Определить необходимые значения индуктивности L и частоты пульсации.



Простой индуктивный фильтр

2 Простой индуктивный фильтр на выходе однофазного мостового выпрямителя должен обеспечить коэффициент пульсации на нагрузке не более 1 %, если Uн = 10 В, Rн = 40…60 Ом. Определить необходимые значения индуктивности L и частоты пульсации.

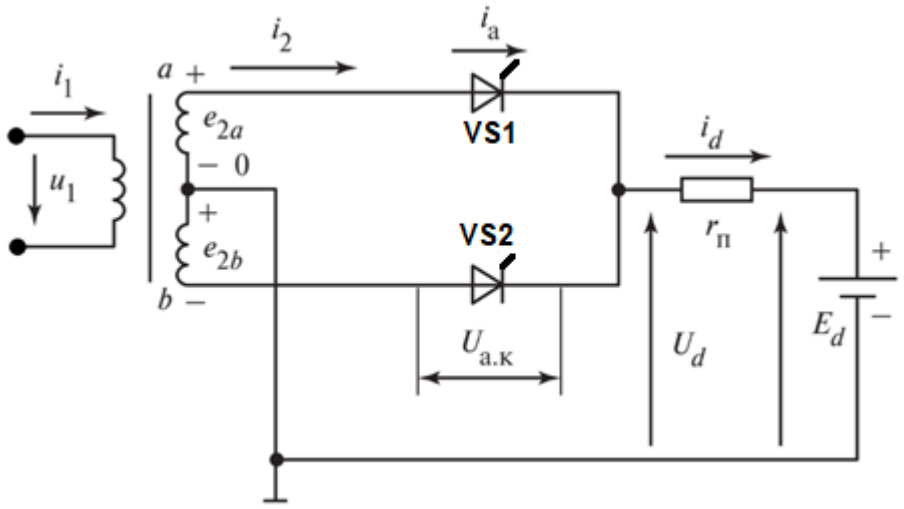
3 Простой индуктивный фильтр на выходе однофазного мостового выпрямителя должен обеспечить коэффициент пульсации на нагрузке не более 2 %, если Uн = 15 В, Rн = 10…30 Ом. Определить необходимые значения индуктивности L и частоты пульсации.

4 Простой индуктивный фильтр на выходе однофазного мостового выпрямителя должен обеспечить коэффициент пульсации на нагрузке не более 2 %, если Uн = 24 В, Rн = 20…40 Ом. Определить необходимые значения индуктивности L и частоты пульсации.

5 Простой индуктивный фильтр на выходе однофазного мостового выпрямителя должен обеспечить коэффициент пульсации на нагрузке не более 0,8 %, если Uн = 20 В, Rн = 50…70 Ом. Определить необходимые значения индуктивности L и частоты пульсации.

Практическая работа 4. Исследование характеристик однофазного управляемого выпрямителя на тиристорах при работе на различные виды нагрузок

1 Однофазный выпрямитель работает в режиме зарядки аккумулятора (см. рисунок). Определить необходимое значение сопротивления $r_п$, чтобы максимальное значение тока нагрузки не превышало 6 А. Определить угол отсечки θ и параметры вентилей Ia, Ia max и Ua.к max, если E_2 = 17 В.

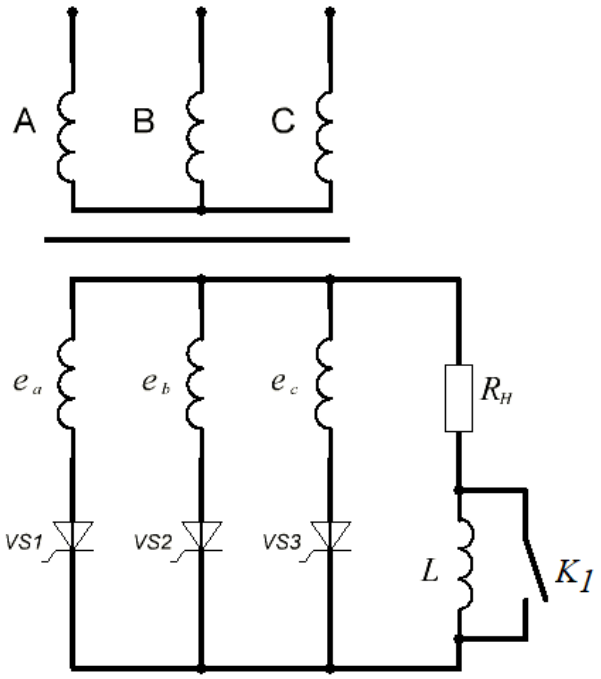


Однофазный выпрямитель в режиме зарядки аккумулятора

2 Для условий задачи 1, найти $r_п$ для $I_{d\ max}$ = 10А. Найти θ, I_a, $I_{a\ max}$ и $U_{а.к\ max}$, при E_2 = 18 В.
3 Для условий задачи 1, найти $r_п$ для $I_{d\ max}$ = 12А. Найти θ, I_a, $I_{a\ max}$ и $U_{а.к\ max}$, при E_2 = 15 В.
4 Для условий задачи 1, найти $r_п$ для $I_{d\ max}$ = 5А. Найти θ, I_a, $I_{a\ max}$ и $U_{а.к\ max}$, при E_2 = 24 В.
5 Для условий задачи 1, найти $r_п$ для $I_{d\ max}$ = 20А. Найти θ, I_a, $I_{a\ max}$ и $U_{а.к\ max}$, при E_2 = 22 В.

Практическая работа 5. Исследование характеристик трёхфазного с выводом нулевой точки трансформатора выпрямителя

1 Трёхфазный выпрямитель по схеме с нулевым выводом (см. рисунок) питается от сети 220 В ±10 % и работает в режиме непрерывного тока. Найти диапазон изменения угла α (αmin – αmax) для получения на нагрузке стабильного напряжения, равного 120 В. Все обмотки соединены в звезду при Кт = 1. Показать этот диапазон на регулировочной характеристике



Трёхфазный управляемый выпрямитель по схеме с нулевым выводом

2 Анодные индуктивности трёхфазного мостового выпрямителя, работающего в режиме непрерывного тока равны 2 Ом. Ток нагрузки измеряется в пределах 1 – 80 А. выпрямитель подключён к сети 380 В и работает без трансформатора. Определить диапазон изменения угла α для получения на нагрузке стабильного напряжения, равного 420 В.

3 Трёхфазный управляемый выпрямитель по схеме с нулевым выводом питается от сети 220 В с Кт = 1,7 (α = 60˙, γ = 0) Работа выпрямителя: а) на активную нагрузку и б) при активно-индуктивной нагрузке в режиме непрерывного тока. Определить значение напряжения на нагрузке Ud для обоих случаев.

4 Для активной нагрузки нарисовать временные диаграммы при α = 90° и определить предельный угол управления α, при котором напряже¬ние на нагрузке становится равным нулю для схем: а) при т = 2; б) т = 3; в) т = 6. Нарисовать временные диаграммы для названных схем формы напряжения на выходе выпрямителя Ud для активно-индуктивной нагрузки в режиме непрерывного тока при α = 90о

5 Трёхфазный управляемый выпрямитель по схеме с нулевым выводом питается от сети 220 В и работает с активно-индуктивной нагрузкой в режиме непрерывного тока с малыми пульсациями. Кт = 1. Нарисовать и объяснить формы напряжения на нагрузке и на тиристорах при α = 30° и Ха = 11,38 Ом. Определить значение напряжения на нагрузке при Iн=10 А.

Практическая работа 6. Исследование характеристик трёхфазного мостового выпрямителя

1 Трёхфазный мостовой выпрямитель (см. рисунок) питается от сети 220 В; $R_н$ = 40 Ом; $К_т$= 1.

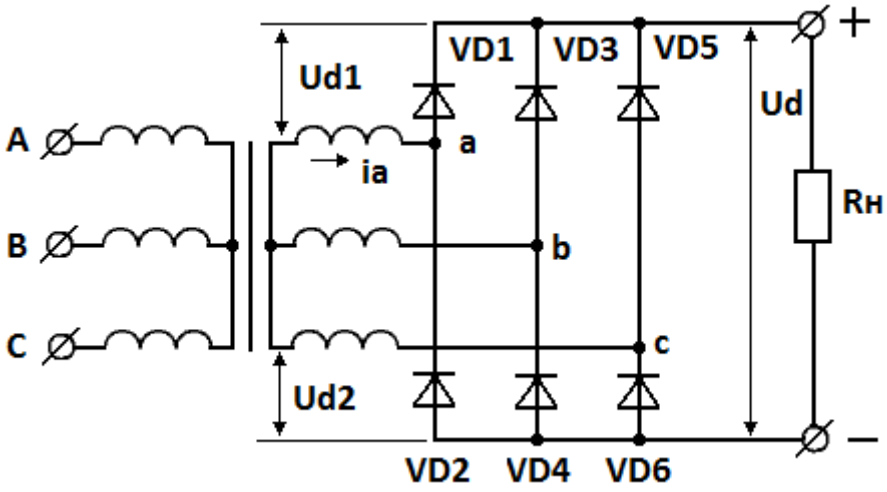
Определить:

а) значения напряжения на нагрузке U_d;

б) необходимые значения I_a, $I_{a\ max}$ и $U_{а.к\ max}$ для выбираемых вентилей;

в) действующее значение тока, протекающего через первичную обмотку трансформатора I_{1A} и в сети I_c;

д) расчётную мощность трансформатора $P_т$.



Трёхфазный мостовой выпрямитель

2 Для условий задачи 1 найти U_d; I_a, $I_{a\ max}$, $U_{а.к\ max}$, I_{1A}, I_c, $P_т$. для заданных U_c = 220 В; $R_н$ = 5 Ом; $К_т$ = 12.

3 Для условий задачи 1 найти U_d; I_a, $I_{a\ max}$, $U_{а.к\ max}$, I_{1A}, I_c, $P_т$. для заданных U_c = 220 В; $R_н$ = 15 Ом; $К_т$ = 12.

4 Для условий задачи 1 найти U_d; I_a, $I_{a\ max}$, $U_{а.к\ max}$, I_{1A}, I_c, $P_т$. для заданных U_c = 220 В; $R_н$ = 5 Ом; $К_т$ = 12.

5 Для условий задачи 1 найти U_d; I_a, $I_{a\ max}$, $U_{а.к\ max}$, I_{1A}, I_c, $P_т$. для заданных U_c = 220 В; $R_н$ = 15 Ом; $К_т$ = 2.

4 Выполнение курсовой работы

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсовой работы по заданной теме.

Примерный перечень тем курсовых работ представлен в рабочей программе дисциплины. Задание и методические указания к выполнению курсовой работы размещены в СУО СибГИУ. Перед выдачей темы курсовой работы обучающийся знакомится с графиком

его выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсовой работы загружается обучающимся в СУО СибГИУ.

Тема курсовой работы:

Расчёт полупроводникового преобразователя (по вариантам).

5 Вопросы к защите курсовой работы

1. Обосновать выбор схемы тиристорного преобразователя.
2. Назначение всех элементов силовой принципиальной схемы тиристорного преобразователя. Показать расчёт параметров каждого элемента в пояснительной записке.
3. Как выбрать трансформатор?
4. Каким напряжением (фазным или линейным) создаётся напряжение на нагрузке тиристорного преобразователя?
5. По каким параметрам выбираются тиристоры?
6. По каким параметрам проверяются тиристоры?
7. Что означает величина тока [Iв]? С чем нужно сравнивать этот ток, и каким образом его можно изменить?
8. От чего зависит величина обратного напряжения на вентиле?
9. Как найти номинальный угол управления тиристорного преобразователя?
10. Что такое ударный ток?
11. Что такое внутреннее короткое замыкание?
12. По каким параметрам выбирается защиты от внутренних коротких замыканий?
13. Какие от каких внешних коротких замыканий производится защиты в тиристорном преобразователе?
14. Показать на принципиальной схеме путь тока короткого замыкания.
15. Какие перенапряжения возникают в схеме и как от них защищаться?
16. О чём говорит график согласования перегрузочных характеристик?
17. Что такое внешняя характеристика?
18. От чего зависит наклон внешней характеристики?
19. В каких квадрантах расположена внешняя характеристика, и каким режимам она соответствует?
20. Что такое ограничительная характеристика, от чего зависит её наклон?
21. Что такое β минимальный и для какой точки внешней характеристики он рассчитывается?
22. Где зона прерывистых токов на внешней характеристике?
23. Что такое регулировочная характеристика?
24. Как связаны между собой внешняя и регулировочная характеристики?

25. Каким режимам соответствует части регулировочной характеристики?

26. Для реверсивных схем знать, как связаны углы управления вентильных групп, показать это на регулировочной характеристике.

27. От чего зависит КПД и как он находился в курсовой работе?

28. От чего зависит коэффициент мощности и каким образом его можно улучшить?

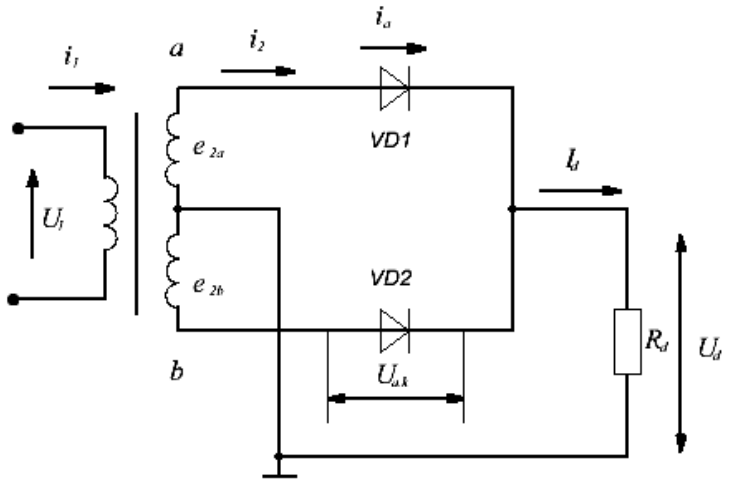
4 Выполнение контрольной работы

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями контрольная работа. В контрольной работе обучающийся самостоятельно решает 10 задач по темам дисциплины.

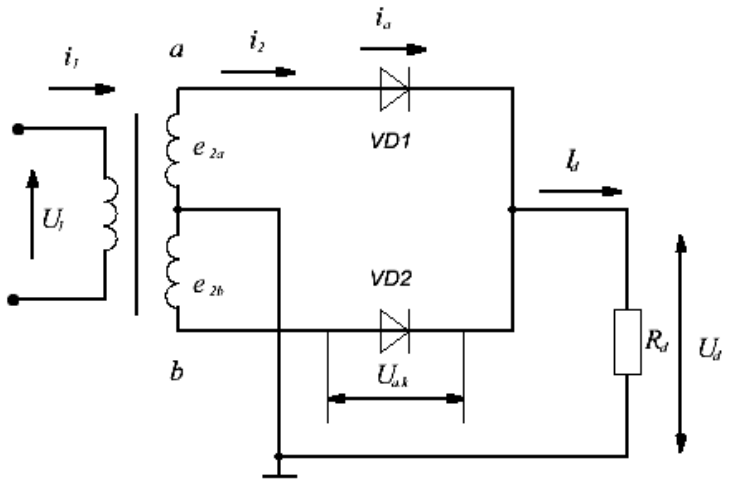
Задание и методические указания к выполнению контрольной работы размещены в СУО СибГИУ.

Пример задания контрольной работы:

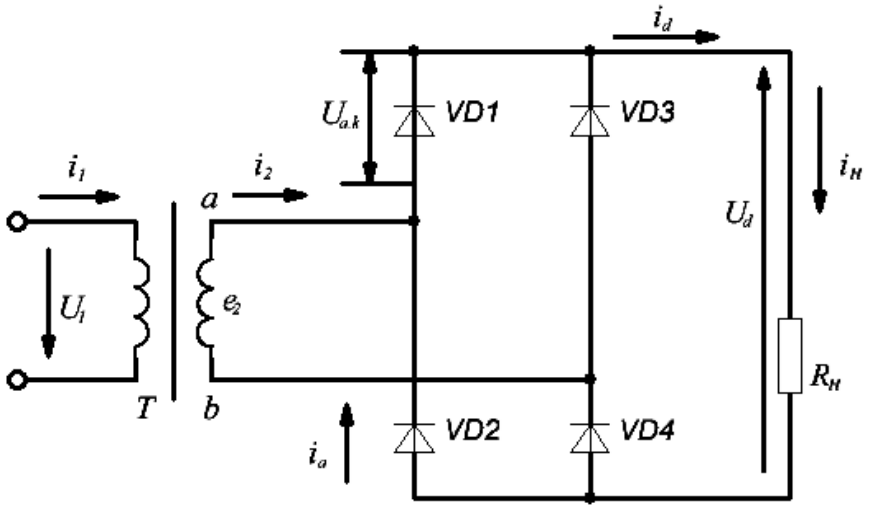
1. Для схемы без потерь, показанной на рисунке, заданы входное напряжение U_1 = 127 В, напряжение на выходе выпрямителя U_d = 9 В и сопротивление нагрузки $R_н$ = 6 Ом. Найти предельно допустимые параметры диодов (I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$); необходимый коэффициент трансформации трансформатора $К_т$ и его расчётную мощность $P_т$; токи, протекающие через первичную I_1 и вторичную I_2 обмотки трансформатора; сечение магнитопровода S и диаметр провода вторичной обмотки трансформатора d, если допустимая плотность тока J = 3 А/мм^2.



2. Для схемы на рисунке найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 127 В, Кт = 10, Rн = 20 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к = 0,7 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 100 Ом и вторичной r2 = 2 Ом.



3. Для схемы без потерь, представленной на рисунке, заданы входное напряжение U_1 = 220 В, напряжение на выходе выпрямителя U_d = 24 В и сопротивление нагрузки $R_н$ = 3 Ом. Найти предельно допустимые параметры диодов (Ia, Ia max, Ua.к. max); необходимый коэффициент трансформации трансформатора Кт и его расчётную мощность Рт; токи, протекающие через первичную I1 и вторичную I2 обмотки трансформатора; сечение магнитопровода S и диаметр провода вторичной обмотки трансформатора d, если допустимая плотность тока J = 3 А/мм2.



4. Трёхфазный мостовой выпрямитель (см. рисунок) питается от сети 220 В; $R_н$ = 4 Ом; $К_т$= 2.

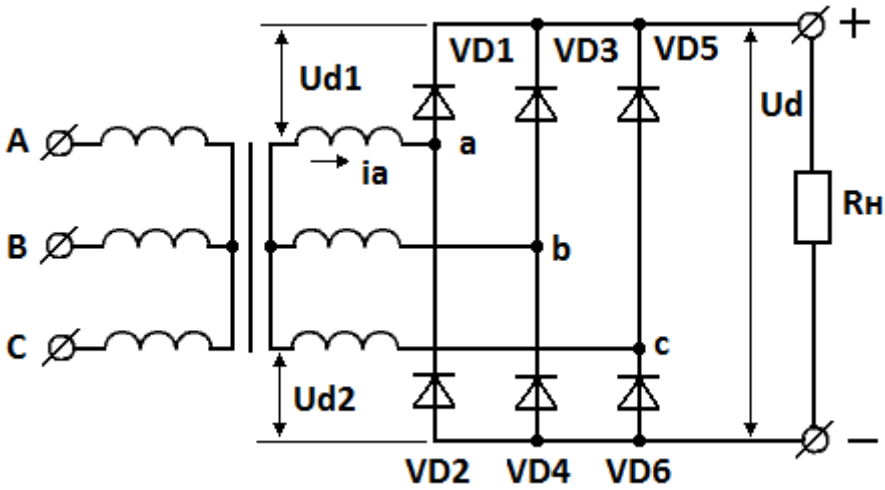
Определить:

а) значения напряжения на нагрузке U_d;

б) необходимые значения I_a, $I_{a\,max}$ и $U_{a.к\,max}$ для выбираемых вентилей;

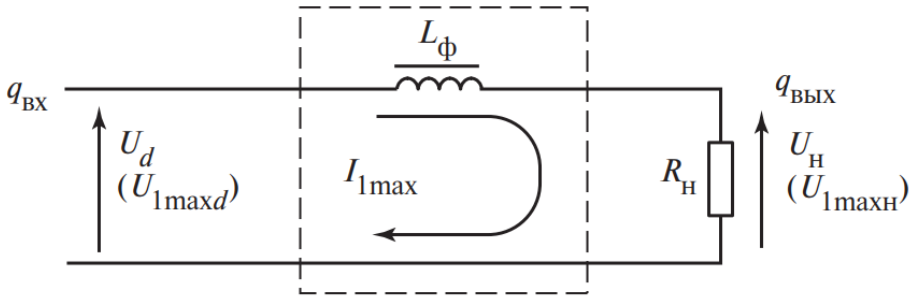
в) действующее значение тока, протекающего через первичную обмотку трансформатора I_{1A} и в сети I_c;

д) расчётную мощность трансформатора $P_т$.



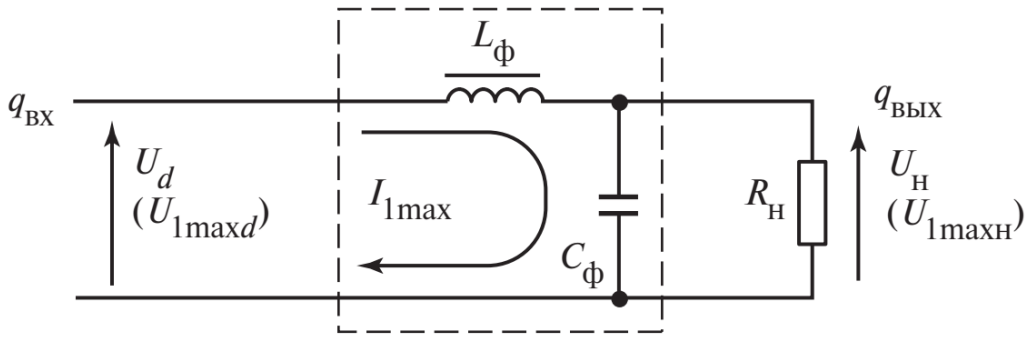
Трёхфазный мостовой выпрямитель

5. Простой индуктивный фильтр на выходе однофазного мостового выпрямителя (см. рисунок) должен обеспечить коэффициент пульсации на нагрузке не более 1 %, если $U_н$ = 15 В, $R_н$ = 20…70 Ом. Определить необходимые значения индуктивности L и частоты пульсации.



Простой индуктивный фильтр

6. На выходе мостового однофазного неуправляемого выпрямителя включён LC-фильтр (см. рисунок). Определить, при каком максимальном значении $R_{н\,max}$ начинается режим прерывистого тока, если $L_ф$ = 173 мГн.



LC-фильтр

7. На выходе однофазного мостового неуправляемого выпрямителя включён LC-фильтр. Определить необходимое значение ёмкости С фильтра, обеспечивающего $q_н$ = 1 %, если потеря напряжения при сопротивлении $R_ф$ = 120 Ом составляет 12% напряжения на нагрузке.

8 Трёхфазный выпрямитель с нулевым выводом (рисунок 7) питается от сети 220 В; $R_н$ = 40 Ом; $К_т$= 10, $ω_П L_ф$ »$R_н$.
Определить:

а) значения напряжения на нагрузке U_d;

б) необходимые значения $I_а$, $I_{а\,max}$ и $U_{а.к\,max}$ для выбираемых вентилей;

в) действующее значение тока, протекающего через первичную обмотку трансформатора $I_{1А}$ и в сети $I_с$;

д) расчётную мощность трансформатора $Р_т$.

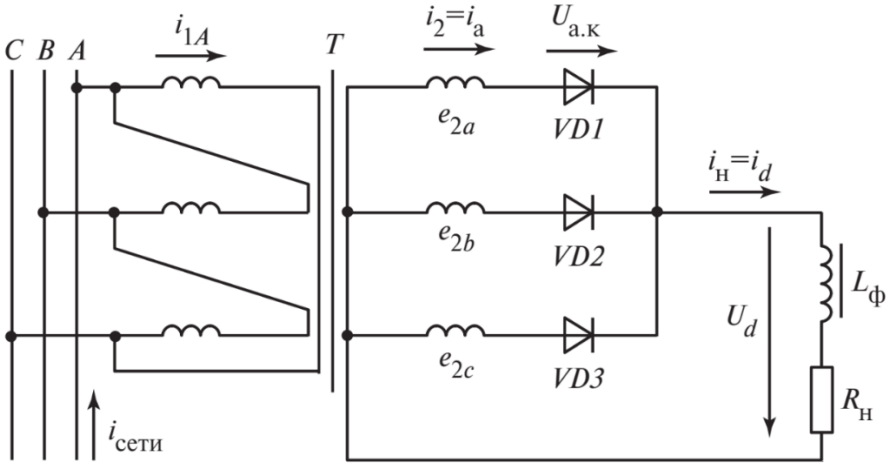
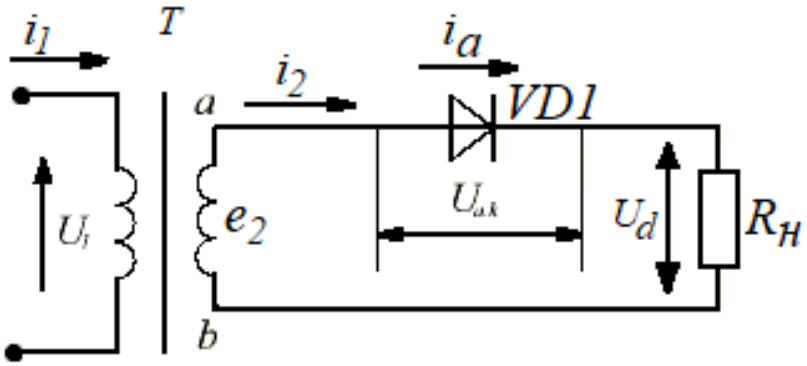


Рисунок 7 — Трёхфазный выпрямитель с нулевым выводом

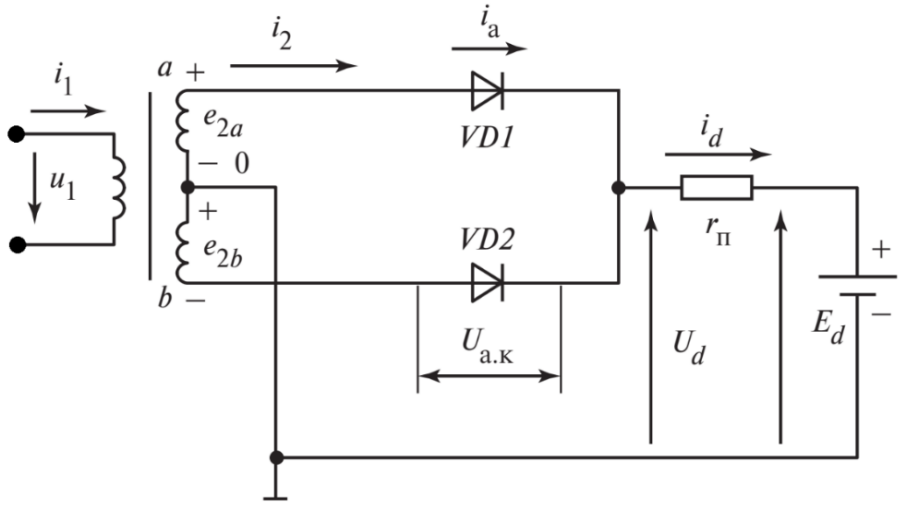
9. Для схемы без потерь, показанной на рисунке, заданы входное напряжение U_1 = 220 В, напряжение на выходе выпрямителя U_d = 12 В и сопротивление нагрузки $R_н$ = 6 Ом. Найти предельно допустимые параметры диодов ($I_а$, $I_{а\,max}$, $U_{а.к.\,max}$); необходимый коэффициент трансформации трансформатора $К_т$ и его расчётную мощность $Р_т$; токи,

протекающие через первичную I_1 и вторичную I_2 обмотки трансформатора; сечение магнитопровода S и диаметр провода вторичной обмотки трансформатора d, если допустимая плотность тока J = 3 А/мм^2.



Однополупериодный выпрямитель

10. Однофазный выпрямитель работает в режиме зарядки аккумулятора (см. рисунок). Определить необходимое значение сопротивления $r_п$, чтобы максимальное значение тока нагрузки не превышало 8 А. Определить угол отсечки θ и параметры вентилей Ia, Ia max и Ua.к max, если E_2 = 15 В.



Однофазный выпрямитель в режиме зарядки аккумулятора

7 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1.Перечислите основные эксплуатационные характеристики преобразователя.

2. Дайте определение понятия внешняя характеристика.

3. Дайте определение понятия регулировочная характеристика.

4. Назначение слаживающих фильтров.

5. Назначение стабилизаторов напряжения или тока.

6. Из каких частей стоит однофазная однополупериодная схема?

7. Из каких частей стоит однофазная схема с нулевым выводом?

8. Из каких частей стоит однофазная мостовая схема?

9. Как регулировать напряжение в управляемом тиристорном преобразователе?

10. Какие вентили могут быть использованы для построения импульсного преобразователя?

11. Дайте определение понятия широтно-импульсная модуляция.

12. От чего зависит наклон внешней характеристики управляемого преобразователя?

13. Из каких частей стоит трёхфазная мостовая схема выпрямителя?

14. Из каких частей стоит трёхфазная схема выпрямителя с нулевым выводом?

15. От чего зависит время коммутации тиристоров в тиристорном преобразователе?

16. Дайте определение понятия совместное управление группами реверсивного тиристорного преобразователя.

17. Дайте определение понятия раздельное управление группами реверсивного тиристорного преобразователя.

18. Назовите условия перевода управляемого тиристорного преобразователя в инверторный режим.

19. Основные типы вентильных преобразователей.

20. Классификация электронных выпрямителей. Блок схема выпрямителя.

21. Эксплуатационные характеристики выпрямителей. Идеализация элементов схем выпрямления.

22. Однофазная однополупериодная схема выпрямления.

23. Однофазная мостовая схема выпрямления.

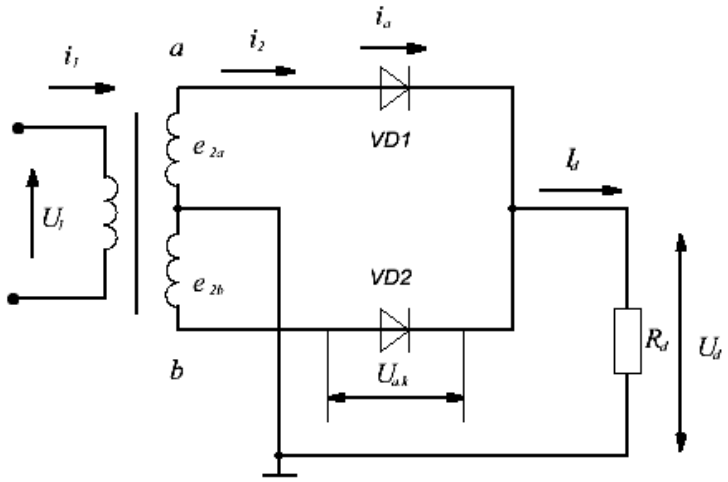
24. Однофазная двухполупериодная схема выпрямления с нулевым выводом трансформатора.

25. Неуправляемый трёхфазный выпрямитель.

8 Задачи к экзамену для промежуточной аттестации

1 Для схемы без потерь, показанной на рисунке, заданы входное напряжение $U_1 = 220$ В, напряжение на выходе выпрямителя $U_d = 12$ В и сопротивление нагрузки $R_н = 6$ Ом. Найти предельно допустимые параметры диодов (I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$); необходимый коэффициент трансформации трансформатора $К_т$ и его расчётную мощность $Р_т$; токи, протекающие через первичную I_1 и вторичную I_2 обмотки трансформатора; сечение магнитопровода S и диаметр провода

вторичной обмотки трансформатора d, если допустимая плотность тока J = 3 А/мм^2.



2 Для для условий задачи 1, заданы U_1 = 220 В, U_d = 24 В, $R_н$ = 10 Ом, J = 4 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

3 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 110 В, U_d = 12 В, $R_н$ = 5 Ом, J = 5 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

4 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 127 В, U_d = 50 В, $R_н$ = 5 Ом, J = 3 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

5 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 110 В, U_d = 60 В, $R_н$ = 12 Ом, J = 4 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

6 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 380 В, U_d = 80 В, $R_н$ = 25 Ом, J = 5 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

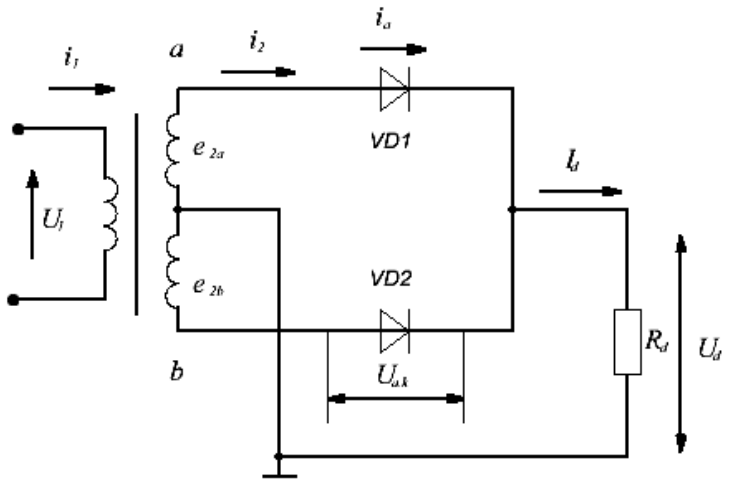
7 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 127 В, U_d = 54 В, $R_н$ = 15 Ом, J = 3 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

8 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 110 В, U_d = 60 В, $R_н$ = 8 Ом, J = 4 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

9 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 220 В, U_d = 36 В, $R_н$ = 5 Ом, J = 5 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

10 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 220 В, U_d = 5 В, $R_н$ = 1 Ом, J = 3 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $P_т$, I_1, I_2, S, d.

11 Для схемы на рисунке найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 220 В, Кт = 10, Rн = 20 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к = 0,7 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 100 Ом и вторичной r2 = 2 Ом.



12 Для условий задачи 11 найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 220 В, Кт = 12, Rн = 30 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к = 0,6 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 80 Ом и вторичной r2 = 1,8 Ом.

13 Для условий задачи 11 найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 220 В, Кт = 13, Rн = 15 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к = 0,4 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 70 Ом и вторичной r2 = 1,6 Ом.

14 Для условий задачи 11 найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 127 В, Кт = 4,5, Rн = 20 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к = 0,6 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 85 Ом и вторичной r2 = 1,4 Ом.

15 Для условий задачи 11 найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 127 В, Кт = 5, Rн = 25 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к = 0,7 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 95 Ом и вторичной r2 = 2,2 Ом.

16 Для условий задачи 11 найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 127 В, Кт = 3,5, Rн = 20 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к = 0,4 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 115 Ом и вторичной r2 = 0,5 Ом.

17 Для условий задачи 11 найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 110 В, Кт = 5, Rн = 35 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к = 0,6 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 105 Ом и вторичной r2 = 2,2 Ом.

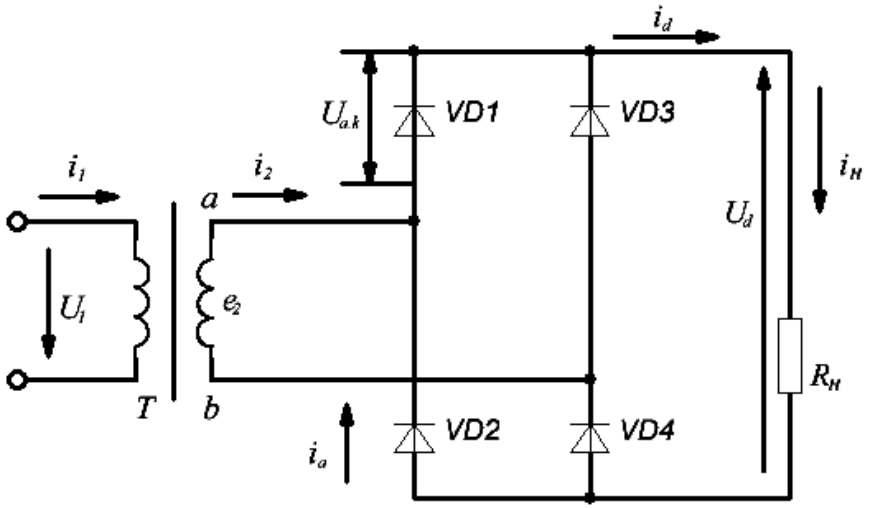
18 Для условий задачи 11 найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 110 В, Кт = 4,5, Rн = 10 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к = 0,7 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 60 Ом и вторичной r2 = 0,8 Ом.

19 Для условий задачи 11 найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 110 В, Кт = 3,5, Rн = 15 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к =

0,4 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 90 Ом и вторичной r2 = 0,8 Ом.

20 Для условий задачи 11 найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 220 В, Кт = 11, Rн = 10 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к = 0,7 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 120 Ом и вторичной r2 = 0,4 Ом.

21 Для схемы без потерь, представленной на рисунке, заданы входное напряжение U_1 = 220 В, напряжение на выходе выпрямителя U_d = 12 В и сопротивление нагрузки $R_н$ = 6 Ом. Найти предельно допустимые параметры диодов (Ia, Ia max, Ua.к. max); необходимый коэффициент трансформации трансформатора Кт и его расчётную мощность Рт; токи, протекающие через первичную I1 и вторичную I2 обмотки трансформатора; сечение магнитопровода S и диаметр провода вторичной обмотки трансформатора d, если допустимая плотность тока J = 3 А/мм2.



22 Для условий задачи 21, заданы U_1 = 220 В, U_d = 24 В, $R_н$ = 10 Ом, J = 4 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, I_1, I_2, S, d.

23 Для условий задачи 21, заданы U_1 = 110 В, U_d = 12 В, $R_н$ = 5 Ом, J = 5 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, I_1, I_2, S, d.

24 Для условий задачи 21, заданы U_1 = 127 В, U_d = 50 В, $R_н$ = 5 Ом, J = 3 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, I_1, I_2, S, d.

25 Для условий задачи 21, заданы U_1 = 110 В, U_d = 60 В, $R_н$ = 12 Ом, J = 4 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, I_1, I_2, S, d.

9 Оценивание обучающегося на зачёте

Промежуточная аттестация производится на основе текущего контроля успеваемости при условии выполнения всех заданий в семестре, предусмотренных фондом оценочных средств по дисциплине.