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 передовых инженерных технологий
_____ И.Ю. Кольчурина
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Силовая электроника

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

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: c7fcee22ea712e8a9d62ca0595e78e8dabbfaa85
Владелец: Директор ИПИТ Кольчурина Ирина Юрьевна
Действителен: с 4 июня 2025 г. по 26 августа 2026 г.
Дата и время: 05-07-2025 13:37:31 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:

– Основы микропроцессорной техники.

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;
– Эксплуатация электрооборудования;
– Возобновляемые источники энергии.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Профессиональные компетенции

Наименование категории	Код и наименование	Код и наименование индикатора	Планируемые результаты обучения

(группы) ПК	ПК	достижения ПК	
	ПК-2: Способен подготавливать текстовую и графическую части эскизного и технического проектов системы электропривода	ПК-2.1 Проводит сбор информации по существующим техническим решениям системы электропривода	– знать: требования к современным техническим решениям систем электропривода. – уметь: проводить сбор информации по существующим техническим решениям системы электропривода.
		ПК-2.2 Выбирает оптимальные технические решения для разработки отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электропривода	– знать: современные технические решения систем электропривода. – уметь: выбирать оптимальные технические решения для разработки отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования 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.

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

Семестр / курс		***ИТОГО***	***6 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен, зачет с оценкой по КР*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***180***	*180*
	зачетных единиц	***5***	*5*
Лекции, *академ. час.*		***30***	*30*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***30***	*30*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа, *академ. час.*		***36***	*36*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***48***	*48*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***36***	*36*
в форме практической подготовки		***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 устройства энергетической электроники	6	
Тема 1.2.	Современные комплексные полупроводниковые устройства энергетической электроники	8	
Тема 2.1.	Современная схемотехника энергетической электроники	8	
Тема 2.2.	Современные алгоритмы управления устройствами энергетической электроники	8	
Итого:		**30**	**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	4	
Раздел 1; Тема 1.2.	Исследование схем полупроводниковых стабилизаторов напряжения	4	
Раздел 2; Тема 2.1.	Исследование работы фильтров выпрямленного напряжения	4	
Раздел 2; Тема 2.1.	Исследование характеристик однофазного управляемого выпрямителя на тиристорах при работе на различные виды нагрузок	6	
Раздел 2; Тема 2.2.	Исследование характеристик трёхфазного с выводом	6	

	нулевой точки трансформатора выпрямителя		
Раздел 2; Тема 2.2.	Исследование характеристик трёхфазного мостового выпрямителя	6	
Итого:		**30**	**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.	24	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Оформление отчета о практической работе; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	24	

Курсовая работа	*Выполнение курсовой работы*	36	0
Контроль	*Подготовка к экзамену*	36	
Итого:		**120**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ПК-2	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Отчет о практической работе; 3. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 4. Тестовые задания
Раздел 2.	ПК-2	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Отчет о практической работе; 3. Оценивание этапов выполнения курсовой работы; 4. Тестовые задания
Курсовая работа.	ПК-2	1. Вопросы к защите курсовой работы
Экзамен.	ПК-2	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 «Moodle».

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 «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – 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 отчётности
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	отлично

выполнена в полном объёме; процент выполнения задания соответствует плановому.	
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 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 «Moodle» 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

12.2.3 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».

12.2.4 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

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
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: курсовая работа; экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к защите курсовой работы; вопросы к экзамену; задачи к экзамену.

13.2 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

Оценка	Требования к знаниям
	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.

13.3 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 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, 2022. – 206 с. – ISBN 978-5-9916-9440-7. – URL: https://urait.ru/bcode/489539 (дата обращения: 27.03.2025);

2 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: 27.03.2025);

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: 27.03.2025).

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

Приложение

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

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

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

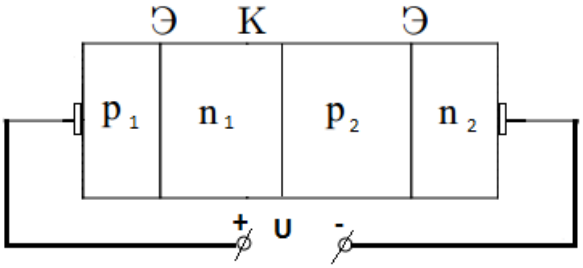
Раздел 1. Современная элементная база энергетической электроники

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 «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. На рисунке показана структура



1. одноопераційний тиристор
2. двухопераційний тиристор
3. симистор
4. динистор

2 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

3. Дополните определение

_____ — это интегральная структура, содержащая силовой ключ (IGBT, MOSFET), его обратный диод, драйвер и часто средства защиты и диагностики. (Ответ: определение в единственном числе)

4. Дополните определение

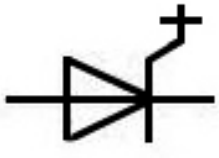
_____ — это максимальная скорость нарастания прямого тока через тиристор, при которой он еще способен надежно включиться без локального перегрева и повреждения. (Ответ: определение в единственном числе)

5 Расположите этапы разработки силового модуля в логической последовательности:

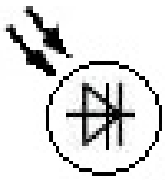
a) Тепловой расчет
b) Выбор компонентов
c) Разработка системы управления
d) Механическое конструирование
e) Электромагнитное моделирование.

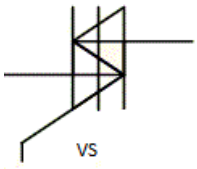
Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….; 5 …….

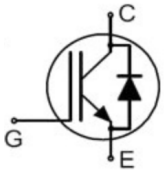
6. Сопоставьте обозначение и элемент

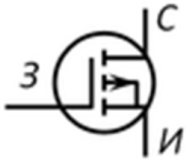
1) 

A) одноопераційний тиристор
B) двухопераційний тиристор
C) симистор

2) 

3) 

4) 

5) 

D) динистор
E) IGBT-транзистор
F) биполярный транзистор
G) MOSFET-транзистор
H) фотодиод
J) фототиристор

7. Сопоставьте полупроводниковый прибор с его основным назначением:

1) Диод
2) Стабилитрон
3) Тиристор (SCR)
4) Симистор (TRIAC)
5) MOSFET

A. Управляемое одностороннее включение/выключение больших токов и напряжений.
B. Двунаправленное управление током в цепях переменного тока.
C. Выпрямление переменного тока, свободное обратное запирание.
D. Стабилизация напряжения в обратном смещении.
E. Высокоскоростное переключение при средних/высоких напряжениях, управление затвором.

8. Сопоставьте полупроводниковый прибор с его основным назначением:

1) IGBT-транзистор
2) GTO-тиристор
3) IGCT-тиристор
4) Запираемый тиристор (GCT)

A. Высокоэффективное переключение больших мощностей (высокие U/I), комбинированный принцип.

5) PIN-диод 6) Быстрый восстановительный диод (FRD)	B. Полное управление включением и выключением затвором при высоких мощностях. C. Очень быстрое восстановление после прямого тока для снижения потерь при выключении. D. Управление высокими частотами, использование в ВЧ-цепях как переключатель/аттенюатор. E. Полностью управляемый тиристор с высоким di/dt и dv/dt. F. Запирание анодным током (требуется отрицательный импульс на затвор).

9. Сопоставьте параметр прибора с его определением:

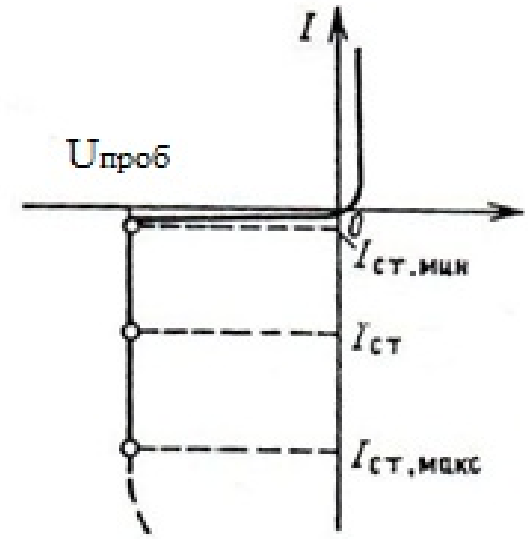
1) Прямое падение напряжения (V_f) 2) Обратное напряжение (V_r, V_{drm}, V_{rrm}) 3) Ток удержания (I_h) 4) Ток включения (I_l) 5) Потери при переключении (E_{sw})	A. Минимальный анодный ток для поддержания тиристора во включенном состоянии после снятия управляющего сигнала. B. Максимальное напряжение, которое прибор может выдержать в закрытом состоянии. C. Энергия, рассеиваемая при включении и выключении прибора. D. Напряжение на приборе в открытом состоянии при номинальном токе. E. Минимальный анодный ток, необходимый для включения тиристора при наличии управляющего сигнала.

10. Сопоставьте параметр прибора с его определением:

1) Время обратного восстановления (t_{rr}) 2) Напряжение стабилизации (V_z) 3) Скорость нарастания напряжения (dv/dt) 4) Скорость нарастания тока (di/dt) 5) Прямой ток (I_f) 6) Тепловое сопротивление (R_{th})	A. Максимальная допустимая скорость изменения напряжения на приборе. B. Максимальная допустимая скорость изменения тока через прибор. C. Номинальное обратное напряжение пробоя стабилитрона. D. Время, необходимое диоду для восстановления блокирующей

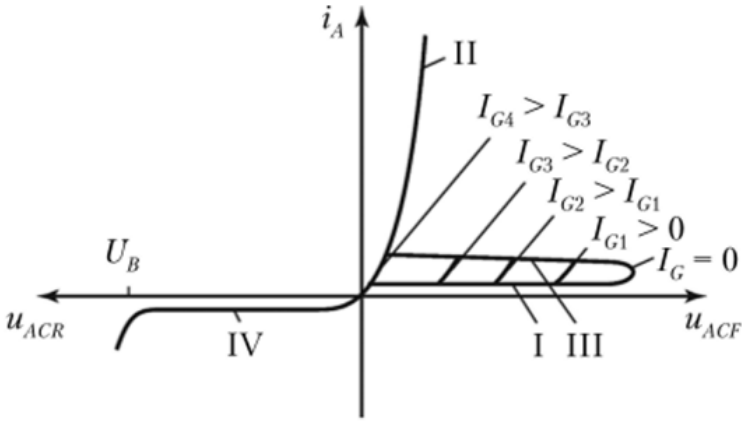
способности после протекания прямого тока.
E. Показатель способности отвода тепла от кристалла к корпусу.
F. Максимальный постоянный (средний, действующий) ток, который прибор может проводить в открытом состоянии.

11. На рисунке изображена вольтамперная характеристика



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

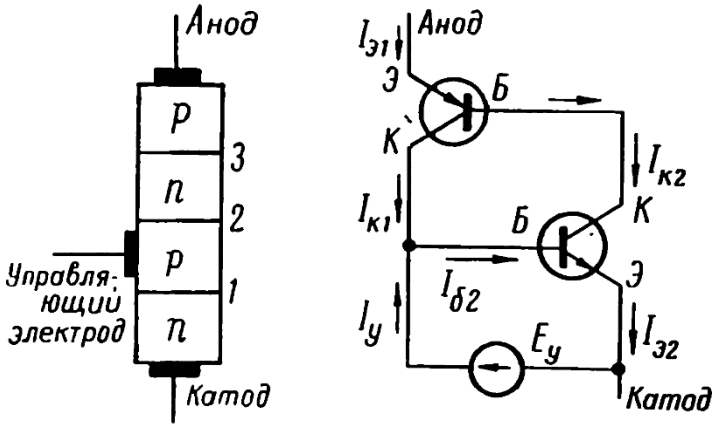
12. На рисунке изображены вольтамперные характеристики



1. диода
2. биполярного транзистора
3. симистора

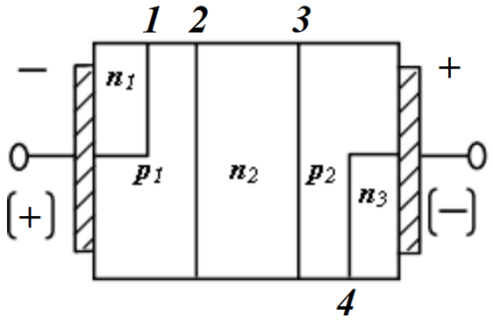
4. тиристора
5. динистора

13. На рисунке изображена структура и схема замещения



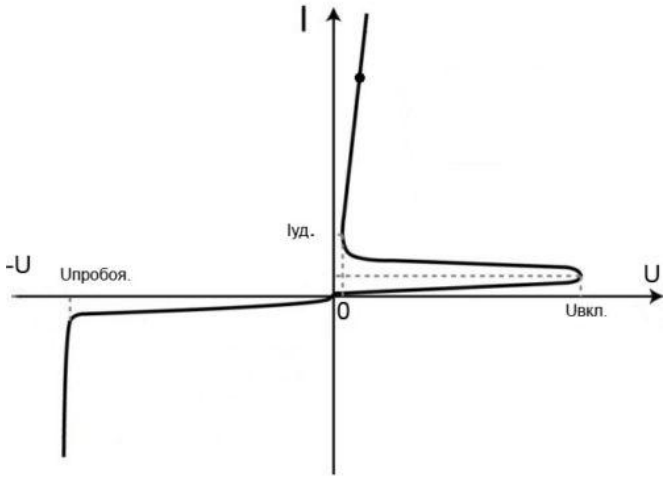
1. транзистора
2. диода
3. одноооперационного тиристора
4. симистора
5. двухоперационного тиристора

14. На рисунке изображена структура



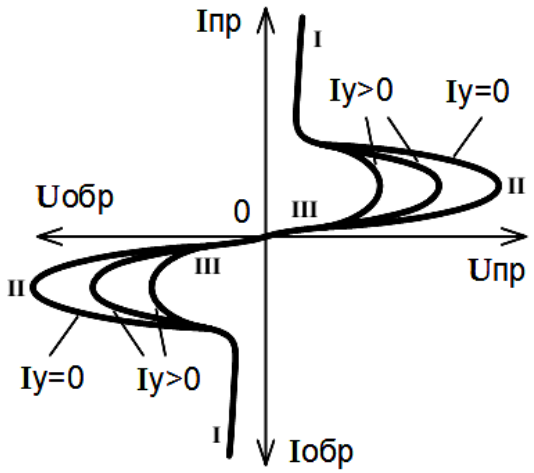
1. динистора;
2. диода;
3. тиристора;
4. симистора;
5. диака.

15. На рисунке изображены вольтамперные характеристики



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

16. На рисунке изображены вольтамперные характеристики



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

17. Расположите диоды в порядке убывания максимальной рабочей частоты:

a) PIN-диод
b) Выпрямительный диод общего назначения
c) Быстрый восстановительный диод (FRD)
d) Диод Шоттки.

Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….

18. Расположите силовые ключи в порядке увеличения максимальной коммутируемой мощности (от маленькой к большой):

a) MOSFET- транзистор
b) IGBT- транзистор
c) Биполярный транзистор (BJT),
d) IGCT-тиристор

Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….

19. Расположите процессы в порядке их типичного следования при выключении запираемого тиристора (GCT):

a) Извлечение носителей из базы
b) Запирание прибора
c) Подача отрицательного импульса на затвор
d) Установление обратного напряжения.

Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….

20. Расположите материалы подложек силовых полупроводниковых приборов в порядке увеличения ширины запрещенной зоны (Eg):

a) Германий (Ge),
b) Арсенид галлия (GaAs),
c) Карбид кремния (SiC)
d) Кремний (Si).

Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….

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 «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Сопоставьте топологию преобразователя с ее основной функцией:

1) Понижающий преобразователь (Buck)	A. Получение стабилизированного постоянного напряжения, меньшего, чем входное.
2) Повышающий преобразователь (Boost)	B. Получение стабилизированного

3) Понижающе-повышающий (Buck-Boost)	постоянного напряжения, большего, чем входное. C. Получение стабилизированного постоянного напряжения, полярность которого противоположна входному

2. Сопоставление топологий инверторов и выпрямителей:

1) Полумостовой инвертор 2) Полный мост (H-мост) 3) Трёхфазный двухуровневый инвертор 4) Активный выпрямитель (PFC)	A. Генерация однофазного переменного напряжения из постоянного. B. Генерация однофазного переменного напряжения с возможностью управления амплитудой и полярностью. C. Генерация трехфазного переменного напряжения с минимальным количеством ключей. D. Коррекция коэффициента мощности и выпрямление сетевого напряжения.

3. Сопоставьте метод управления/модуляции с его описанием:

1) ШИМ (Широтно-Импульсная модуляция) 2) ШИМ с синусоидальной несущей (SPWM) 3) Пространственно-Векторная Модуляция (SVPWM) 4) Управление с гистерезисом (Hysteresis Control) 5) ШИМ с третьей гармоникой (THIPWM)	A. Изменение ширитки импульсов при постоянной частоте для управления средним значением напряжения/тока. B. Генерация синусоидального выходного напряжения инвертора путем сравнения синусоидального сигнала с треугольным. D. Оптимальный метод ШИМ для трехфазных инверторов, минимизирующий гармоники и потери переключения. E. Метод, поддерживающий ток в заданном диапазоне (окне) вокруг уставки. F. Метод ШИМ, увеличивающий диапазон линейности выходного напряжения инвертора.

4. Сопоставьте концепцию управления с её описанием:

1) Управление с предсказанием	A. Управление, вычисляющее

(MPC - Model Predictive Control) 2) Векторное управление (FOC - Field Oriented Control) 3) Прямое управление моментом (DTC - Direct Torque Control)	оптимальное состояние ключей на следующий такт для минимизации целевой функции. B. Управление асинхронным или синхронным двигателем через управление потокосцеплением и моментом в dq-системе координат. C. Управление асинхронным двигателем путем прямого управления моментом и потокосцеплением статора без датчика положения.

5. Сопоставьте топологию/метод с его описанием:

1) Трехфазный трехуровневый инвертор (NPC) 2) Резонансный преобразователь (LLC) 3) Матричный преобразователь	A. Генерация трехфазного переменного напряжения с пониженным уровнем гармоник и напряжений на ключах. B. Высокоэффективное преобразование с мягким переключением (ZVS/ZCS). C. Прямое преобразование переменного напряжения одной частоты/амплитуды в переменное другой частоты/амплитуды без звена постоянного тока.

6. Расположите этапы проектирования силового преобразователя в логической последовательности:

a) Расчет теплового режима
b) Выбор элементной базы
c) Разработка алгоритма управления
d) Анализ требований
e) Расчет пассивных компонентов
f) Схемотехническое моделирование.

Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….; 5 …….; 6 …….

7. Расположите методы компенсации мертвого времени в порядке их сложности реализации:

a) Аппаратная компенсация
b) Программная коррекция длительности импульсов
c) Метод обнаружения тока нулевой зоны
d) Использование ШИМ с фиксированным смещением.

Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….

8. Расположите типы защит силового преобразователя по скорости срабатывания (от быстрой к медленной):

a) Защита от короткого замыкания
b) Защита от перегрева
c) Защита от перенапряжения
d) Защита от перегрузки по току

Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….

9. Расположите способы снижения электромагнитных помех (ЭМП) в порядке их эффективности на высоких частотах (от более эффективных к менее):

a) Экранирование
b) Использование ферритовых колец/бусин
c) Применение RC-снабберов
d) Тщательная разводка земли и силовых цепей.

Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….

10. Расположите этапы реализации ПИ-регулятора тока в цифровой системе управления:

a) АЦП измерения тока
b) Расчет управляющего воздействия (u)
c) Расчет ошибки (e)
d) Обновление ШИМ
e) Квантование и ограничение (u)

Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….; 5 …….

11. Расположите типы нагрузок по сложности управления для инвертора (от простого к сложному):

Активно-индуктивная (RL)
Двигательная (АД)
Выпрямитель с конденсатором на входе
Активная (R)

Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….

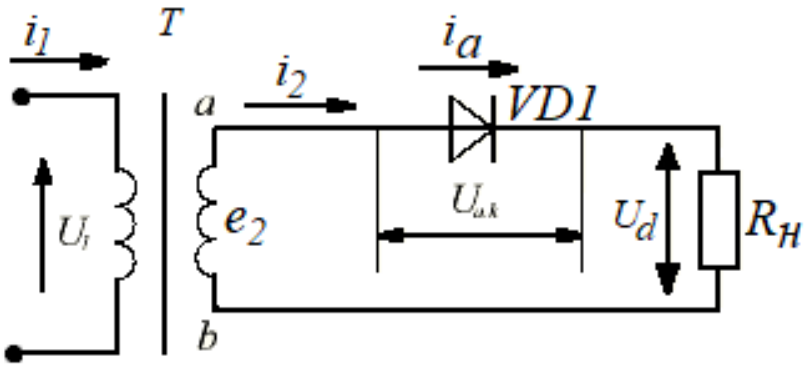
12. Коэффициент сдвига при определении коэффициента мощности выпрямителя определяется выражением:

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

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

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

13. Какая схема выпрямителя изображена на рисунке



а) однофазного со средней точкой
б) однофазного однополупериодного
в) однофазного мостового

14. 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) $\beta_2 + \alpha_2 = \frac{\pi}{2}$.

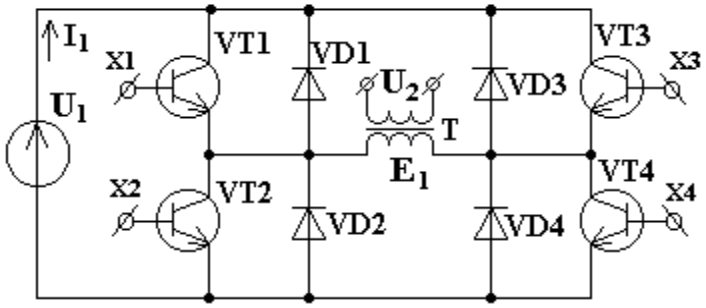
15. Типовая мощность трансформатора в трёхфазной мостовой схеме выпрямителя:

а) $S_{TP} = S_1 = S_2$;

б) $S_{TP} = S_1 + S_2$;

в) $S_{TP} = \frac{S_1 + S_2}{2}$.

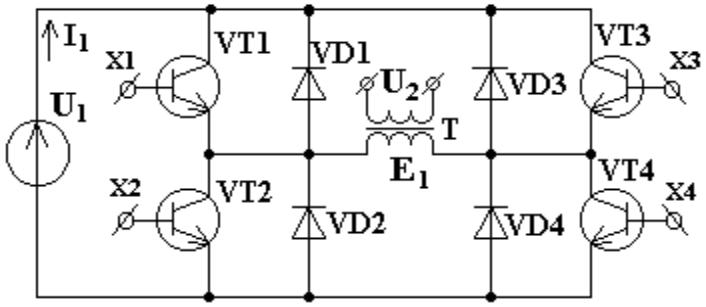
16. Схема инвертора, представленная на рисунке, называется



а) с самовозбуждением, с насыщающимся трансформатором;
б) с внешним управлением, однотактная, с прямым включением выпрямительного диода;

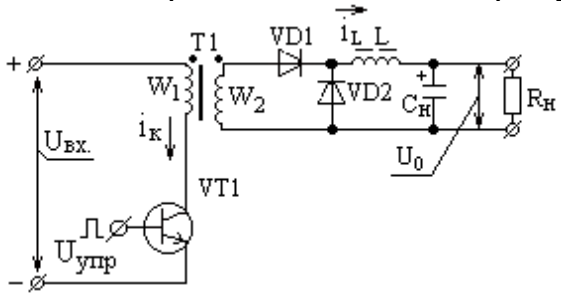
в) с внешним управлением, однотактная, с обратным включением выпрямительного диода;
г) с внешним управлением, двухтактная мостовая;
д) с внешним управлением, двухтактная полумостовая.

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



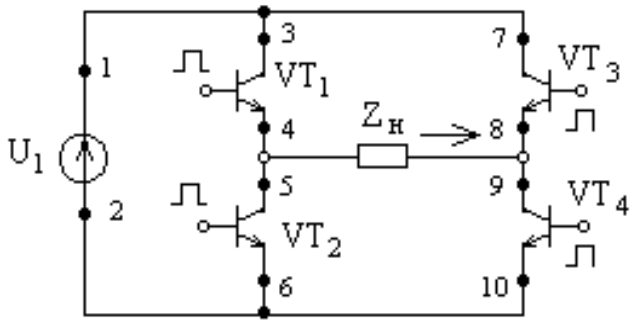
а) синхронно (в фазе);
б) в противофазе;
в) один всегда открыт, а у второго изменяется длительность сигнала управления;
г) режим и длительность произвольные.

18. Схема преобразователя, представленная на рисунке называется



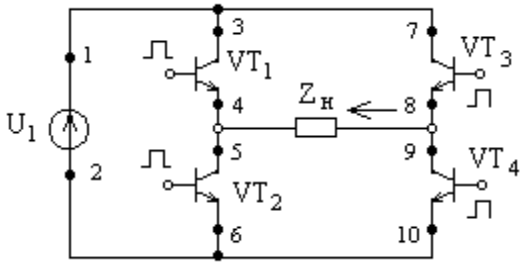
а) с самовозбуждением, с насыщающимся трансформатором;
б) с внешним управлением, однотактная, с прямым включением выпрямительного диода;
в) с внешним управлением, однотактная, с обратным включением выпрямительного диода;
г) с внешним управлением, двухтактная мостовая;
д) с внешним управлением, двухтактная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

19. 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

20. 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

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.

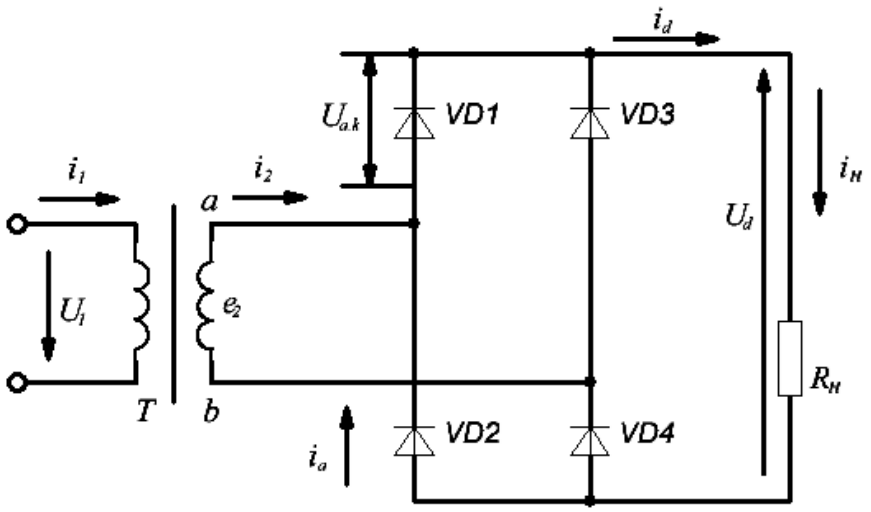
Примеры заданий для практических работ:

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, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, I_1, I_2, S, d.

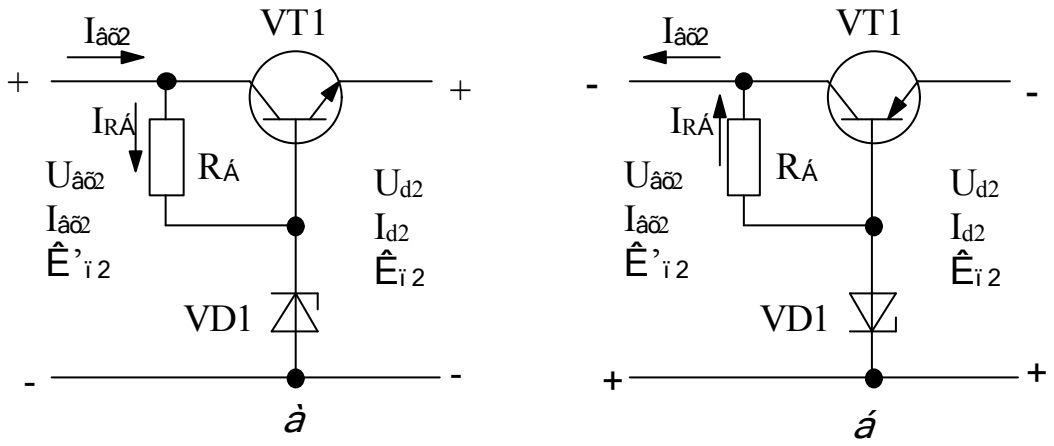
3 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 110 В, U_d = 12 В, $R_н$ = 5 Ом, J = 5 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, I_1, I_2, S, d.

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, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, 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, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, 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 $K_{п2}$.

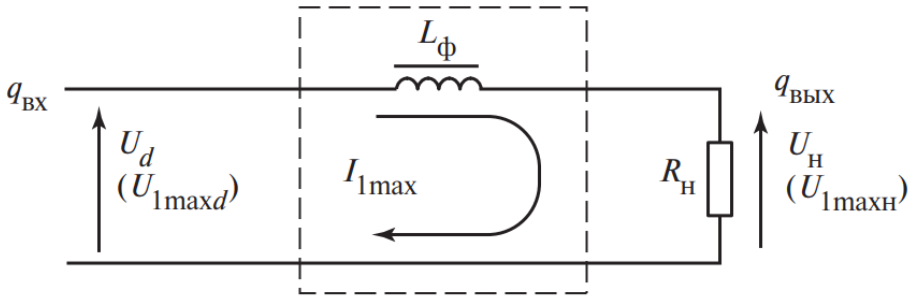
Исходные данные

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.

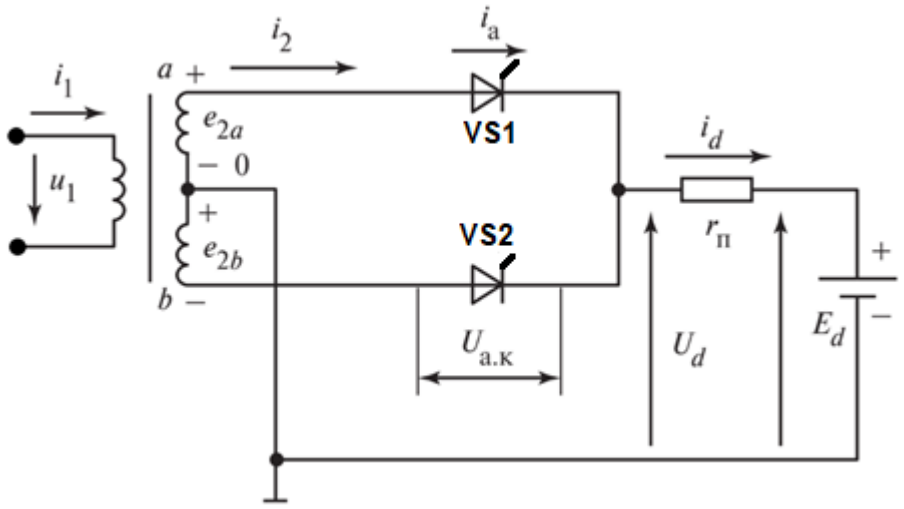
3 Простой индуктивный фильтр на выходе однофазного мостового выпрямителя должен обеспечить коэффициент пульсации на нагрузке не более 2 %, если Uн = 15 В, Rн = 10…30 Ом. Определить необходимые значения индуктивности L и частоты пульсации.

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.

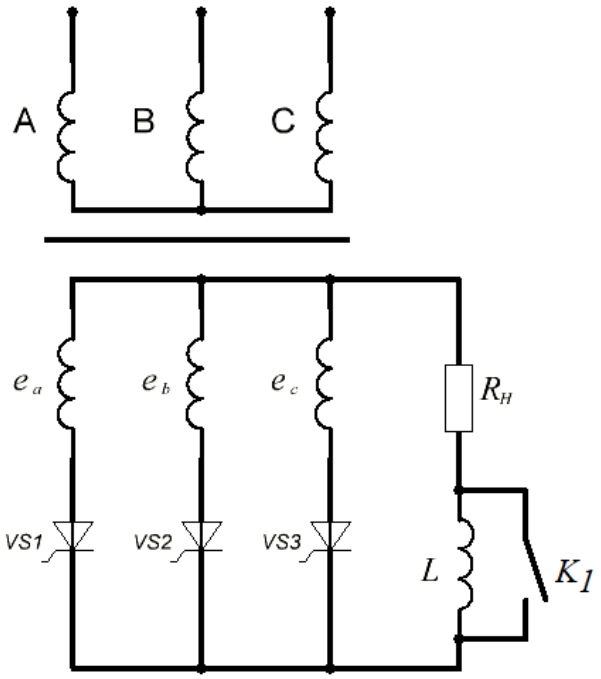


Однофазный выпрямитель в режиме зарядки аккумулятора

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.

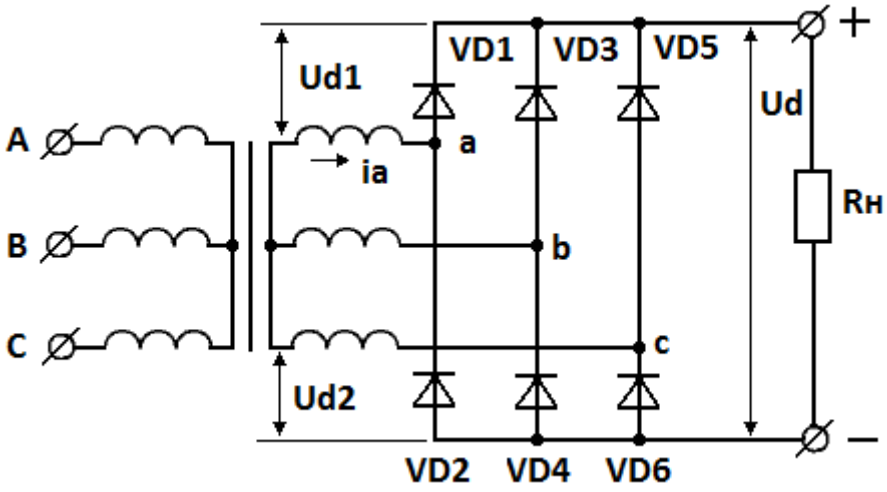
Определить:

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.

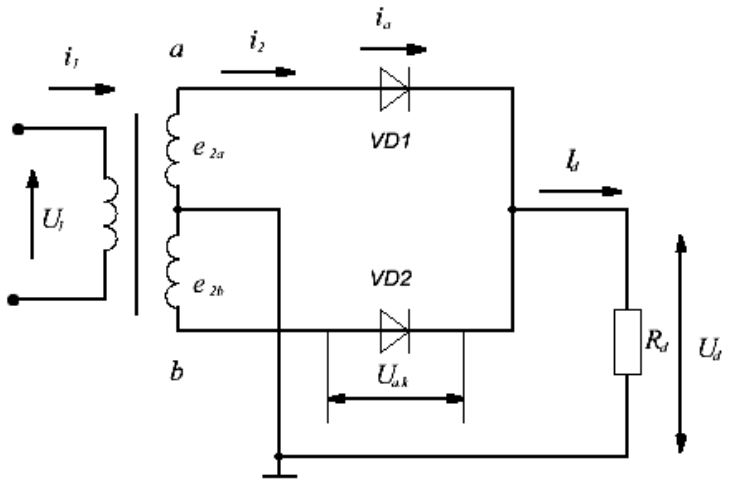
3 Для условий задачи 1 найти U_d; I_a, $I_{a\ max}$, $U_{а.к\ max}$, I_{1A}, I_c, $P_т$. для заданных U_c = 220 В; $R_н$ = 15 Ом; $К_т$ = 12.

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 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 $P_т$; 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 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, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, 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, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, 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, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, 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, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, 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, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, I_1, I_2, S, d.

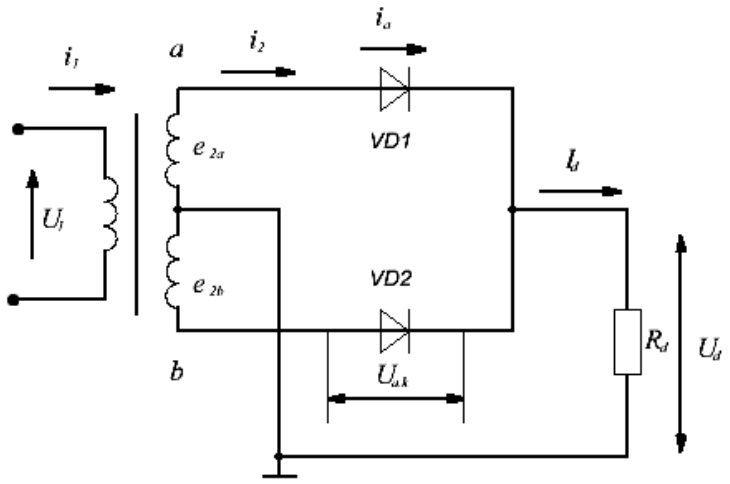
7 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 127 В, U_d = 54 В, $R_н$ = 15 Ом, J = 3 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, I_1, I_2, S, d.

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, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, 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, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, 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, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, 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.

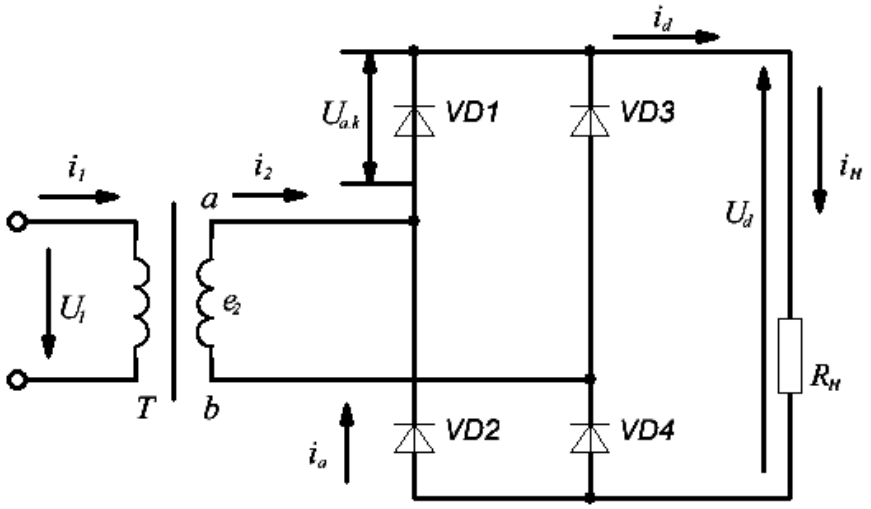
18 Для условий задачи 11 найти напряжение Uн на нагрузке, если U1 = 110 В, Кт = 4,5, Rн = 10 Ом, падение напряжения на диоде ΔUа.к = 0,7 В, активное сопротивление первичной обмотки трансформатора r1 = 60 Ом и вторичной r2 = 0,8 Ом.

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.

5 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.

6 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 «Moodle».

Перед выдачей темы курсовой работы обучающийся знакомится с графиком его выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсовой работы загружается обучающимся в СУО «Moodle».

Тема курсовой работы:

Расчёт полупроводникового преобразователя (по вариантам).

7 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?