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 2026

Новокузнецк
2026

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: 04-05-2026 20:46:59 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. Экзамен на основе результатов текущего контроля

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 – 10 минут.

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

Для проведения тестирования используются 10 вопросов из перечня тестовых заданий 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 – 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

12.2.2 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование (бланковое или компьютерное с использованием СУО СибГИУ) проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня умений и знаний 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 (бланковое или компьютерное с использованием СУО СибГИУ) проводится на практическом занятии или в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Перед тестированием обучающийся должен быть ознакомлен с правилами тестирования и критериями оценки. Длительность тестирования определяется количеством вопросов в тестовом задании (как правило, 10 – 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины): для ответа на 1 вопрос, как правило, выделяется 1-2 минуты.

При проведении текущего контроля в виде тестирования обучающемуся, как правило, предлагаются вопросы следующих типов:

– выбор только одного ответа. Обучающийся выбирает один из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл;

– выбор одного или нескольких ответов. Обучающийся вправе выбрать любое непустое множество ответов. За каждый правильный ответ обучающийся получает определенное количество баллов (суммарная оценка всех правильных ответов на вопрос – 1 балл). При выборе хотя бы одного неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов;

– введение «короткого ответа» или «числового ответа». Обучающийся должен однозначно сформулировать требуемый ответ. В случае ввода неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл;

– установление соответствия (ответ на каждый из нескольких вопросов должен быть выбран из списка возможных). Обучающемуся необходимо сопоставить друг другу несколько вариантов ответов. За каждый правильный ответ обучающийся получает 0,5 балла (итоговая оценка ответов на вопросы суммируется). При выборе хотя бы одного неправильного ответа обучающийся получает за данный блок вопросов 0 баллов;

– выбор пропущенных слов предполагает, что пропущенные слова в тексе заполняются с помощью выпадающего меню. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл;

– «*перетаскивание на изображение*» (изображение или текст необходимо «перетащить» в зону на фоновом изображении), «*перетаскивание в текст*» (пропущенные слова в тексе заполняются с помощью перетаскивания) или «*перетаскивание маркеров*» (маркеры «перетаскиваются» на фоновое изображение). В случае хотя бы одного неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка
86 до 100	«отлично»
от 67 до 85	«хорошо»
от 50 до 66	«удовлетворительно»
менее 50	«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. Подготовку к практическим работам обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы.

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).

Система оценивания двухуровневая.

Оценку «*зачтено*» получает обучающийся если он выполнил указанную в методических указаниях последовательность действий, получил результат, при выполнении практической работы проявил активность, самостоятельность; выделенное время использовал рационально.

Оценку «*не зачтено*» получает обучающийся, который не умеет самостоятельно работать с методическими указаниями, не может правильно выполнить указанную последовательность действий, не рационально использует отведенное время, Оценка «*не зачтено*» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

12.2.4 Рекомендации по оцениванию отчета о практической работе

Оформление отчета о проделанной практической работе обучающиеся осуществляют по итогам выполнения работы. Требования к содержанию отчета содержатся в методических указаниях.

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.

Система оценивания двухуровневая.

Оценку «*зачтено*» получает обучающийся если он подготовил отчет о практической работе в котором: задание выполнено без серьезных ошибок и оформлено в соответствии с требованиями (без серьезных недочетов), содержание раскрывает тему задания.

Оценку «*не зачтено*» получает обучающийся, который представил отчет о практической работе не соответствующий требованиям, содержащий ошибки в расчетах, выводах. Оценка «*не зачтено*» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

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: экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: экзамен на основе результатов текущего контроля.

13.2 Оценивание обучающегося на экзамене

Экзамен проводится на основе результатов текущего контроля и/или в форме компьютерного (с использованием СУО СибГИУ) или бланкового тестирования, которое охватывает все изученные вопросы и/или собеседования по теоретическим вопросам, составленным по соответствующим темам разделов изучаемой учебной дисциплины.

Промежуточная аттестация может производиться на основе текущего контроля успеваемости при условии выполнения всех заданий в семестре, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Таблица – Шкала оценивания экзамена на основе результатов текущего контроля успеваемости обучающегося по дисциплине «Силовая электроника»

Оценка экзамена	Требования к знаниям
«отлично»	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагал ответы на устные вопросы при опросах, подтвердил освоение программного материала выполнением тестовых заданий на среднюю оценку выше четырех с половиной баллов, выполнил все задания и посещал более 60% аудиторных занятий.
«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагал ответы на устные вопросы при опросах, подтвердил освоение программного материала выполнением тестовых заданий на среднюю оценку выше трех баллов, выполнил более 80 % заданий и посещал более 30 % аудиторных занятий.
«удовлетво-рительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускал неточности при изложении ответов на устные вопросы при опросах, подтвердил освоение программного материала выполнением тестовых заданий на среднюю оценку три и выше баллов, выполнил более 60 % заданий.
«неудовлет-ворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он неуверенно отвечал, допускал серьезные ошибки при изложении ответов на устные вопросы при опросах, не подтвердил освоение программного материала и выполнил тестовые задания на среднюю оценку ниже трех баллов.

13.2 Оценивание пояснительной записки курсового проекта руководителем

Выполненный курсовой проект (пояснительная записка курсового проекта) загружается в СУО СибГИУ и оценивается руководителем курсового проекта в соответствии с приведенными ниже критериями. Оценка, выставленная руководителем курсового проекта служит основанием для допуска обучающегося к защите курсового проекта.

Критерии оценки и шкалы оценивания пояснительной записки курсового проекта руководителем

Критерии оценки пояснительной записки курсового проекта руководителем	Оценка
Пояснительная записка содержит все необходимые элементы (титульный лист, лист с заданием, аннотацию, содержание, введение, основную часть, заключение, список использованных источников, приложения (при необходимости)) Задание выполнено полностью: цель достигнута; основные понятия выделены; имеются в наличии расчеты, схемы,	*зачтено* (работа допущена к защите)

Критерии оценки пояснительной записки курсового проекта руководителем	Оценка
графическое выделение особо значимой информации; все выводы и рекомендации обоснованы, работа тщательно вычитана, отсутствуют грамматические и стилистические ошибки. Уровень неправомерных заимствований выявленный при проверке не превышает установленные пороговые значения	
Пояснительная записка содержит все необходимые элементы (титульный лист, лист с заданием, аннотацию, содержание, введение, основную часть, заключение, список использованных источников, приложения (при необходимости)) 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 %. Уровень неправомерных заимствований выявленный при проверке не превышает установленные пороговые значения	*зачтено* (работа допущена к защите с незначительными замечаниями)
Пояснительная записка в целом содержит необходимые элементы (титульный лист, лист с заданием, аннотацию, содержание, введение, основную часть, заключение, список использованных источников, приложения (при необходимости)) Задание выполнено частично: цель выполнения достигнута не полностью; многочисленные ошибки снижают качество выполненной работы; работа представлена с отклонением от запланированного срока на 50 %. Уровень неправомерных заимствований выявленный при проверке не превышает установленных пороговых значений	*зачтено* (работа допущена к защите с существенными замечаниями)
Задание не выполнено, цель работы не достигнута. Уровень неправомерных заимствований выявленный при проверке **превышает** установленные пороговые значения	*не зачтено* (работа не допущена к защите)

Если допущены существенные недостатки в оформлении курсового проекта, опущен или не написан какой-либо раздел, имеются отступления от задания на курсовой проект, то такая пояснительная записка возвращается обучающемуся на доработку.

В случае сдачи обучающимся пояснительной записки после установленного в графике срока, оценка снижается на 1 балл.

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 среднего профессионального образования / Ю. К. Розанов, М. Г. Лепанов ; под редакцией Ю. К. Розанова. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 206 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05204-6. – URL: https://urait.ru/bcode/585142 (дата обращения: 05.02.2026);

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: 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 Миловзоров, О. В. Электроника : учебник для вузов / О. В. Миловзо-ров, 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).

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

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

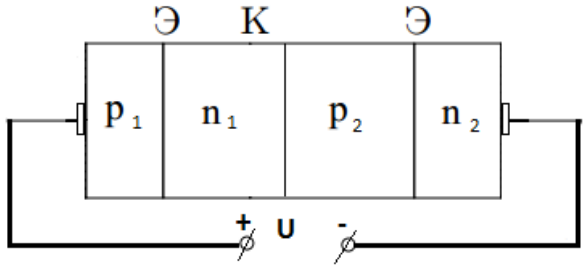
Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

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 СибГИУ.
Перечень вопросов для тестирования:

1. На рисунке показана структура



1. однооперационный тиристор
2. двухоперационный 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

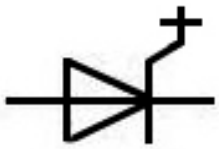
_____ — это максимальная скорость нарастания прямого тока через тиристор, при которой он еще способен надежно включиться без локального перегрева и повреждения. (Ответ: определение в единственном числе)

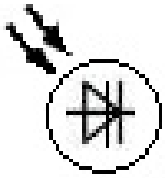
5 Расположите этапы разработки силового модуля в логической последовательности:

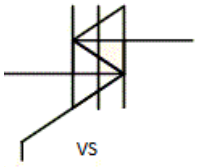
a) Тепловой расчет
b) Выбор компонентов
c) Разработка системы управления
d) Механическое конструирование
e) Электромагнитное моделирование.

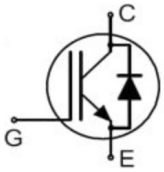
Ответ: 1 …….; 2 …….; 3 …….; 4 …….; 5 …….

6. Сопоставьте обозначение и элемент

1) 

2) 

3) 

4) 

5) 

A) однооперационный тиристор
B) двухоперационный тиристор
C) симистор
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) 5) PIN-диод 6) Быстрый восстановительный диод (FRD)	A. Высокоэффективное переключение больших мощностей (высокие U/I), комбинированный принцип. 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.

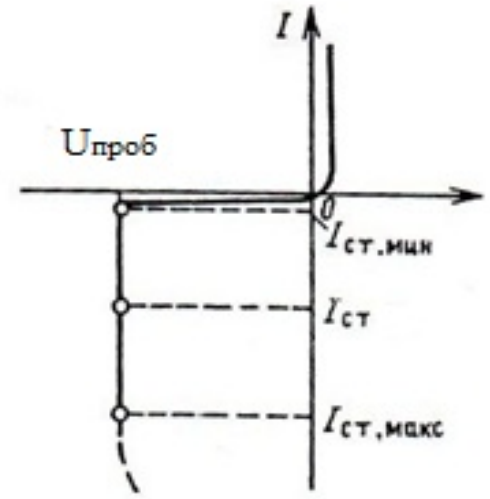
10. Сопоставьте параметр прибора с его определением:

1) Время обратного восстановления (t_{rr}) 2) Напряжение стабилизации (V_z) 3) Скорость нарастания напряжения (dv/dt) 4) Скорость нарастания тока (di/dt)	A. Максимальная допустимая скорость изменения напряжения на приборе. B. Максимальная допустимая скорость изменения тока через прибор.

5) Прямой ток (I_f)
6) Тепловое сопротивление (R_{th})

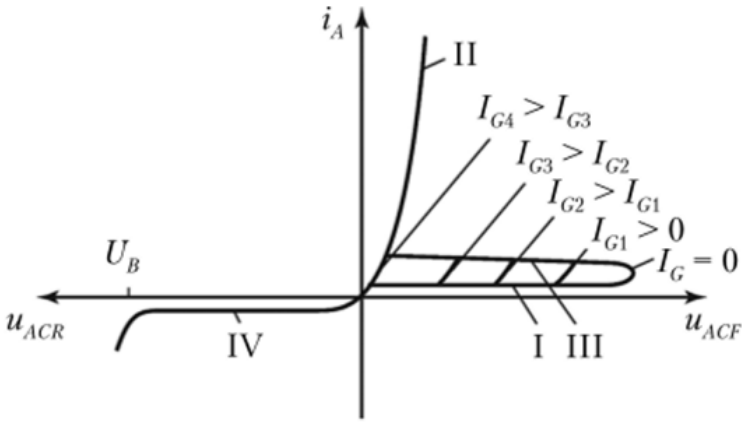
C. Номинальное обратное напряжение пробоя стабилитрона.
D. Время, необходимое диоду для восстановления блокирующей способности после протекания прямого тока.
E. Показатель способности отвода тепла от кристалла к корпусу.
F. Максимальный постоянный (средний, действующий) ток, который прибор может проводить в открытом состоянии.

11. На рисунке изображена вольтамперная характеристика



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

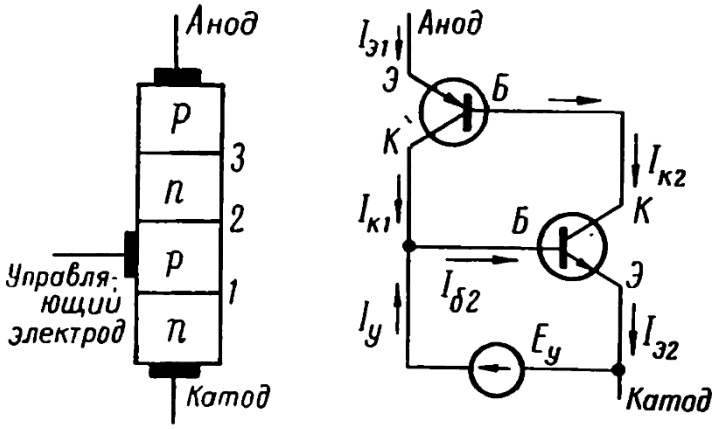
12. На рисунке изображены вольтамперные характеристики



1. диода

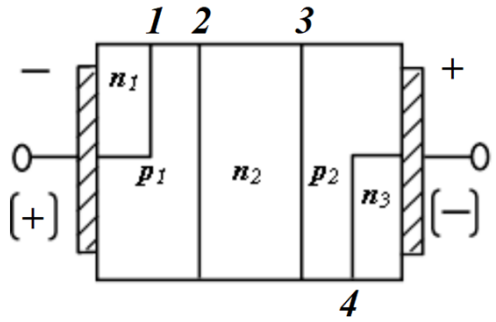
2. биполярного транзистора
3. симистора
4. тиристора
5. динистора

13. На рисунке изображена структура и схема замещения



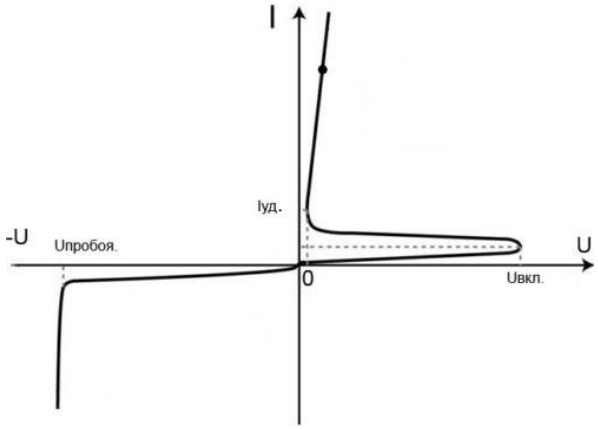
1. транзистора
2. диода
3. одноооперационного тиристора
4. симистора
5. двухоперационного тиристора

14. На рисунке изображена структура



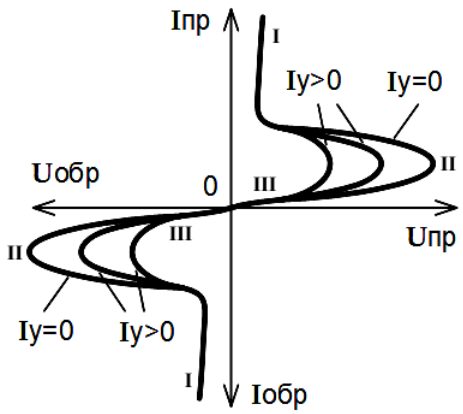
1. динистора;
2. диода;
3. тиристора;
4. симистора;
5. диака.

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 СибГИУ.

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 постоянного напряжения, большего, чем входное.
3) Понижающе-повышающий (Buck-Boost)	

	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 (MPC - Model Predictive Control) 2) Векторное управление (FOC -	A. Управление, вычисляющее оптимальное состояние ключей на следующий такт для минимизации

Field Oriented Control) 3) Прямое управление моментом (DTC - Direct Torque Control)	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 …….

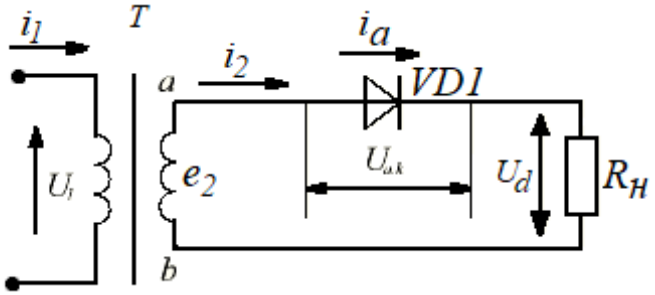
12. Коэффициент сдвига при определении коэффициента мощности выпрямителя определяется выражением:

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

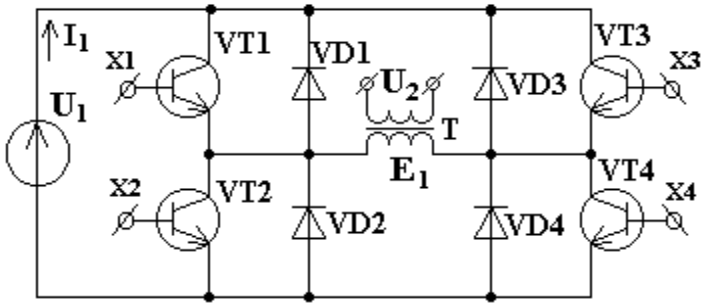
15. Типовая мощность трансформатора в трёхфазной мостовой схеме выпрямителя:

а) $S_{TP} = S_1 = S_2$;

б) $S_{TP} = S_1 + S_2$;

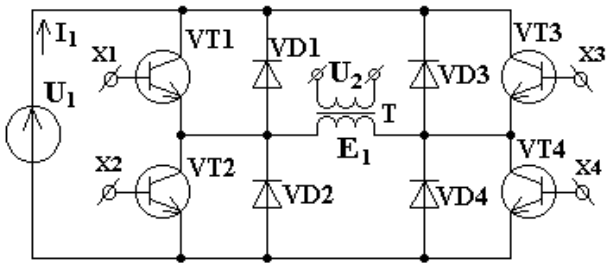
в) $S_{TP} = \frac{S_1 + S_2}{2}$.

16. Схема инвертора, представленная на рисунке, называется



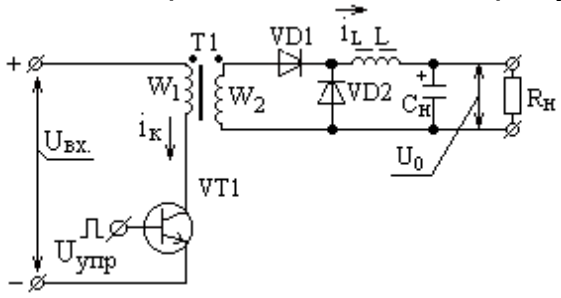
а) с самовозбуждением, с насыщающимся трансформатором;
б) с внешним управлением, однотактная, с прямым включением выпрямительного диода;
в) с внешним управлением, однотактная, с обратным включением выпрямительного диода;
г) с внешним управлением, двухтактная мостовая;
д) с внешним управлением, двухтактная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

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



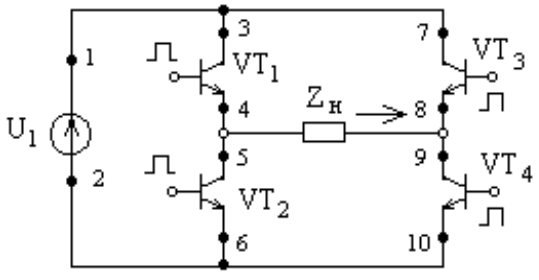
а) синхронно (в фазе);
б) в противофазе;
в) один всегда открыт, а у второго изменяется длительность сигнала управления;
г) режим и длительность произвольные.

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.

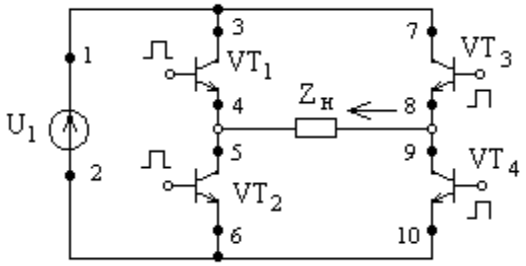
19. Укажите путь тока источника U1 в направлении, указанном стрелкой на рисунке.



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

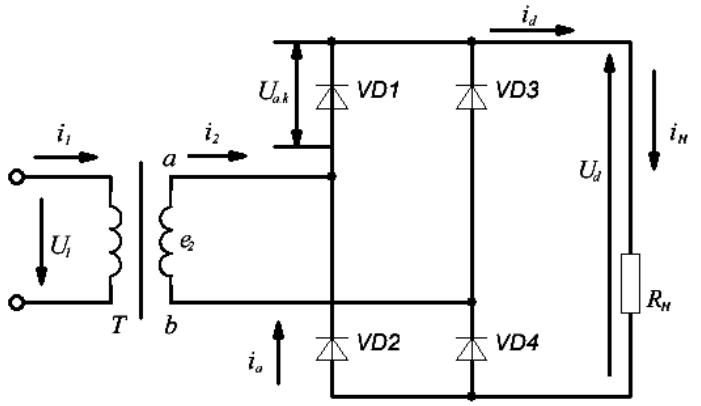
Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

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.

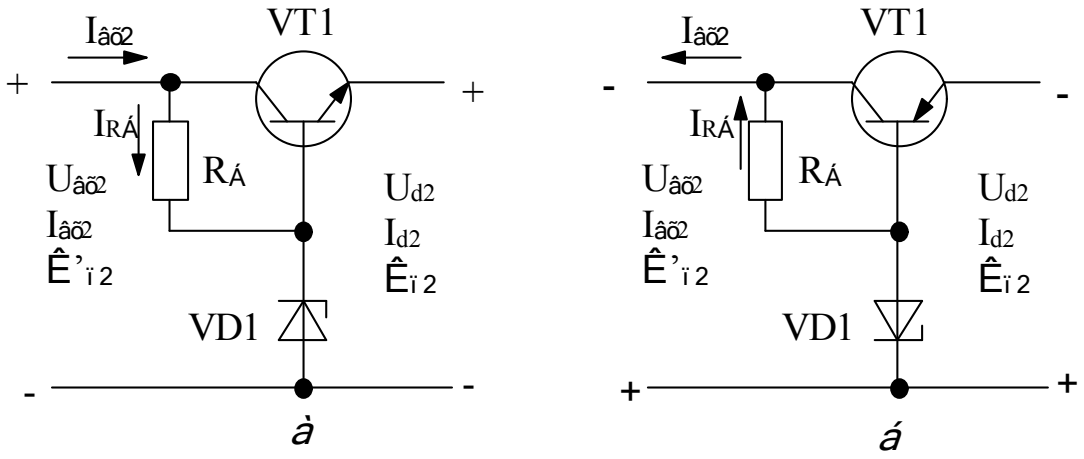
3 Для условий задачи 1, заданы U_1 = 110 В, U_d = 12 В, $R_н$ = 5 Ом, J = 5 А/мм^2. Найти I_a, $I_{a\,max}$, $U_{а.к.\,max}$, $К_т$, $Р_т$, I_1, I_2, S, d.

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 $К_{п2}$.

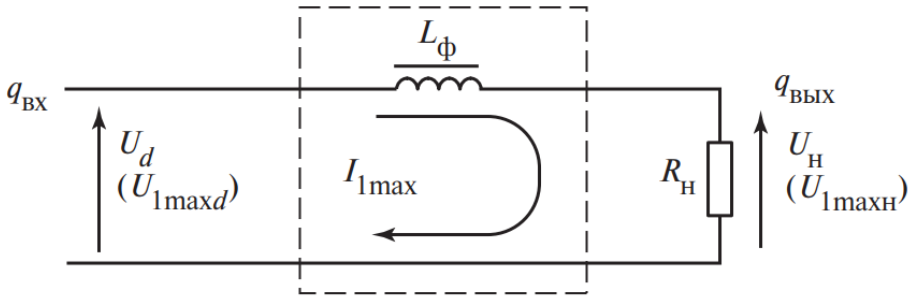
Исходные данные

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**
$К_{п1}$, % (U_{d1})	0,25	0,2	0,3	0,4	0,35	0,8	0,7	0,6	0,45	0,5
$К_{п2}$, % (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.

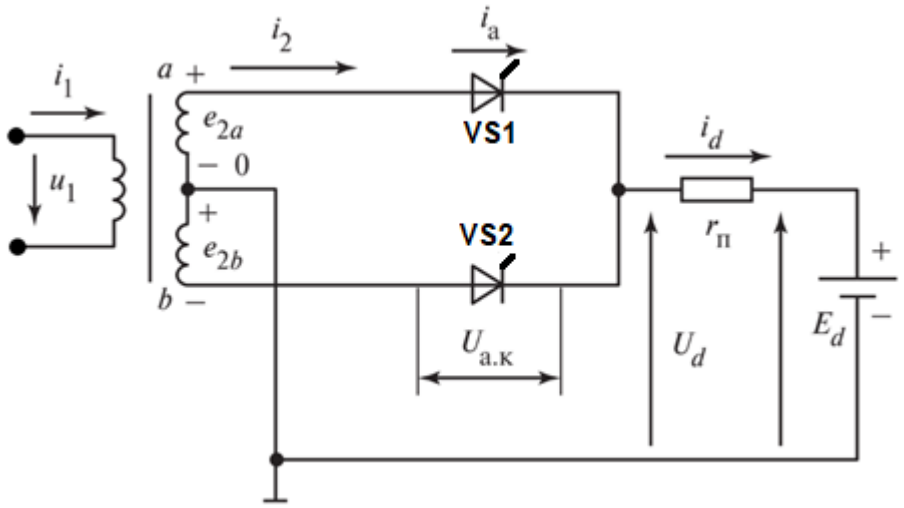
4 Простой индуктивный фильтр на выходе однофазного мостового выпрямителя должен обеспечить коэффициент пульсации на нагрузке не более 2 %, если Uн = 24 В, Rн = 20…40 Ом. Определить необходимые значения индуктивности L и частоты пульсации.

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 $U_{a.к\ max}$, при E_2 = 18 В.

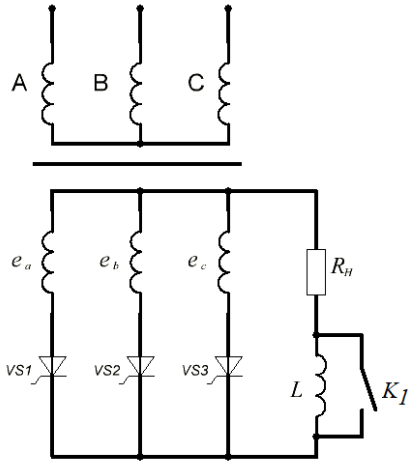
3 Для условий задачи 1, найти $r_п$ для $I_{d\ max}$ = 12А. Найти θ, I_a, $I_{a\ max}$ и $U_{a.к\ max}$, при E_2 = 15 В.

4 Для условий задачи 1, найти $r_п$ для $I_{d\ max}$ = 5А. Найти θ, I_a, $I_{a\ max}$ и $U_{a.к\ max}$, 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 $U_{a.к\ max}$, 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.

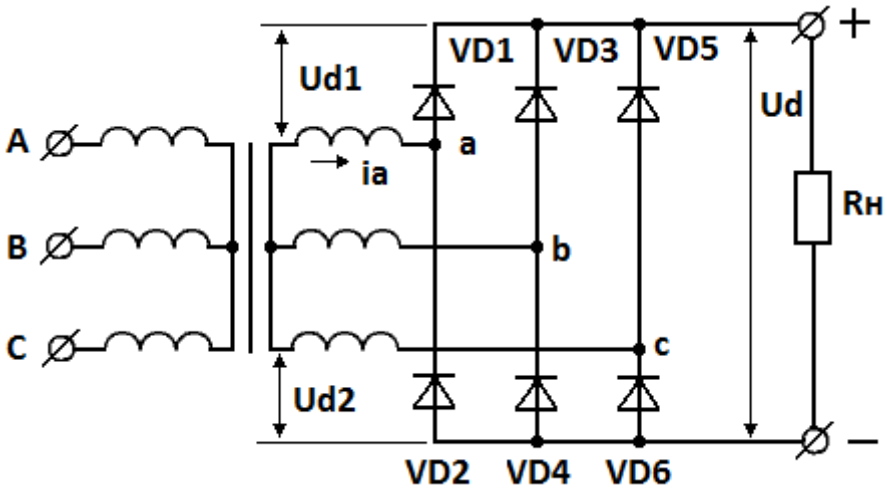
Определить:

а) значения напряжения на нагрузке U_d;

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

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

4. Задания (вопросы) к экзамену для промежуточной аттестации обучающихся

Оценивание обучающегося на экзамене по результатам текущего контроля

Промежуточная аттестация может производиться на основе текущего контроля успеваемости при условии выполнения всех заданий в семестре, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

5 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).

6 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?