

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»  
ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

П.В. Луканин  
« 28 » июня 20 18 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Б1.В.03</b> <small>(индекс дисциплины)</small>	<b>Силовая электроника</b> <small>(Наименование дисциплины)</small>
Кафедра: <b>30</b> <small>Код</small>	Автоматизированного электропривода и электротехники <small>(Наименование кафедры)</small>
Направление подготовки: <b>13.03.02</b>	Электроэнергетика и электротехника
Профиль подготовки: <b>Электропривод и автоматика</b>	
Уровень образования: <b>бакалавриат</b>	

**План учебного процесса**

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	180		180
	Аудиторные занятия	68		18
	Лекции	34		8
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	34		10
	Самостоятельная работа	112		158
	Промежуточная аттестация			4
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	6		7
	Курсовая работа	6		7
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		5		5

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная						5				
Очно-заочная										
Заочная							5			

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным  
государственным образовательным стандартом высшего образования  
по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

На основании учебных планов № b130302-234  
z130302-234

Кафедра-разработчик: Автоматизированного электропривода и электротехники  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: Хардигов Е.В.  
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

### СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Автоматизированного электропривода и электротехники  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: Хардигов Е.В.  
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

Методический отдел: Смирнова В.Г.  
(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области силовой электроники, необходимые для изучения последующих профессиональных дисциплин, связанных с электроприводом и автоматизацией технологических процессов и производств.

## 1.3. Задача дисциплины

- Теоретическая и практическая подготовка будущих бакалавров для проектирования, испытания и эксплуатации устройств силовой электроники.

## 1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ПК-3	способностью принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.	2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) классификацию, назначение, основные схемотехнические решения устройств силовой электроники; 2) принцип действия и особенности применения силовых полупроводниковых приборов. Уметь: 1) использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию, испытаниям и эксплуатации устройств силовой электроники; 2) ставить и решать простейшие задачи моделирования силовых электронных устройств. Владеть: 1) навыками элементарных расчетов и испытаний силовых электронных преобразователей; 2) навыками работы с выпрямителями однофазного и трехфазного тока.		
ПК- 6	способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности.	2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) основные действия и алгоритмы управления в электронных преобразователях электрической энергии; 2) методы защиты силовых полупроводниковых приборов. Уметь: 1) проводить сравнительный анализ режимов выпрямления и инвертирования преобразователей; 2) анализировать работу выпрямителей при разном характере нагрузок. Владеть: 1) основными навыками работы с неуправляемыми и управляемыми выпрямителями; 2) некоторыми навыками работы с реверсивным электроприводом постоянного тока.		

**1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:**

- Общая энергетика ( ПК-3)
- Теория автоматического управления (ПК-3)
- Электрические машины ( ПК-3, ПК-6)
- Интегрированные системы проектирования и управления (ПК-3)
- Электродинамика (ПК-3)
- Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности ) (ПК-3)
- Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) (ПК-3)
- 

**2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Выпрямители однофазного и трехфазного тока.</b>			
Тема 1. Неуправляемые выпрямители. Однополупериодный выпрямитель. Однополупериодный выпрямитель с шунтирующим диодом. Двухполупериодный выпрямитель с нулевым выводом трансформатора и активной нагрузкой. Выпрямитель с нулевым выводом трансформатора и активно-индуктивной нагрузкой. Мостовой выпрямитель с активно-индуктивной нагрузкой. Выпрямитель с активно-емкостной нагрузкой.	20		20
Тема 2. Управляемые выпрямители. Однополупериодный выпрямитель с RL-нагрузкой. Двухполупериодный выпрямитель с RL-нагрузкой. Двухполупериодный выпрямитель с RL-нагрузкой и противоэдс. Коммутация тока и внешние характеристики однофазных управляемых выпрямителей. Полууправляемые выпрямители.	22		22
Тема 3. Выпрямители трехфазного тока. Неуправляемый выпрямитель с нулевым выводом трансформатора. Трехфазный мостовой неуправляемый выпрямитель (схема Ларионова). Трехфазный мостовой управляемый выпрямитель. Трехфазный мостовой полууправляемый выпрямитель. Диагностика трехфазных выпрямителей.	22		23
<b>Текущий контроль 1.</b> Контрольная работа.	1		
<b>Учебный модуль 2. Инверторы тока, ведомые сетью.</b>			
Тема 4. Однофазные инверторы тока. Назначение и принцип действия инверторов тока, ведомых сетью. Сравнительный анализ режимов выпрямления и инвертирования преобразователей.	23		23
Тема 5. Трехфазные инверторы тока. Трехфазный ведомый сетью инвертор со средней точкой трансформатора.	25		26
<b>Текущий контроль 2.</b> Контрольная работа.	1		
<b>Учебный модуль 3. Способы управления преобразователями со встречно-параллельным соединением комплектов.</b>			
Тема 6. Способы управления преобразователями. Раздельный способ управления преобразователями. Согласованный способ управления двухкомплектным реверсивным преобразователем с RL-нагрузкой. Работа преобразователя с согласованным способом управления при нагрузке на противоэдс.	22		23
Тема 7. Реверсивный электропривод постоянного тока. Перекрестная и встречно-параллельная схемы соединения выпрямителей в реверсивном преобразователе. Внешние характеристики.	21		21
<b>Текущий контроль 3.</b> Контрольная работа.	1		18
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине.</b> Курсовая работа.	18		4
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине.</b> Зачет.	4		23
<b>ВСЕГО:</b>	<b>180</b>		<b>180</b>

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	6	6			7	1
2	6	6			7	1
3	6	6			7	2
4	6	4			7	1
5	6	6			7	1
6	6	3			7	1
7	6	3			7	1
<b>ВСЕГО:</b>		<b>34</b>				<b>8</b>

#### 3.2. Практические занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Расчет и анализ работы неуправляемых выпрямителей однофазного тока на активную, активно-индуктивную и емкостную нагрузки.	6	6			7	1
2	Расчет и анализ работы управляемых выпрямителей с RL-нагрузкой и противоздс.	6	6			7	2
3	Расчет и анализ коммутационных процессов трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя.	6	6			7	1
4	Расчет и анализ коммутационных процессов трехфазного мостового управляемого выпрямителя.	6	4			7	1
5	Расчет и анализ коммутационных процессов трехфазного мостового полууправляемого выпрямителя.	6	6			7	1
6	Расчет и анализ работы инверторов тока, ведомых сетью.	6	3			7	2
7	Расчет и анализ работы и способ управления преобразователями с встречно-параллельным соединением комплектов.	6	3			7	2
<b>ВСЕГО:</b>		<b>34</b>					<b>10</b>

#### 3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрены

### 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

#### 4.1. Цели и задачи курсовой работы

Целью и задачами курсовой работы является расчет и исследование с помощью компьютерного моделирования работы трехфазных мостовых тиристорных выпрямителей при нормальных и аномальных режимах при двух видах нагрузки: а) активно-индуктивной, б) нагрузкой на против ЭДС (двигатель). При аномальных режимах исследование проводится при трех видах аномальных режимов: а) полный отказ одного тиристора выпрямителя; б) при включении одного тиристора аномальным импульсом; в) при асимметрии импульсов управления выпрямителем

#### 4.2. Примерная тематика курсовой работы

1. Диагностика трехфазных тиристорных выпрямителей.
2. Расчет трехфазных инверторов напряжения с ШИМ по синусоидальному закону.
3. Расчет инверторов тока, ведомых сетью.

#### 4.3. Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы.

Курсовая работа оформляется в виде пояснительной записки и необходимой графической части. Записка должна содержать следующие структурные элементы: титульный лист, задание на курсовую работу, введение, теоретическую часть, экспериментальную часть, заключение, список литературы.

### 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1-3	Контрольная работа	6	3			7	

### 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	6	70			7	80
Подготовка к практическим занятиям	6	20			7	60
Выполнение курсовой работы	6	18			7	18
Подготовка к зачету	6	4			7	4
<b>ВСЕГО:</b>		<b>112</b>				<b>162</b>

### 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

#### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Не предусмотрены

#### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

### 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Белоус А.И. Полупроводниковая силовая электроника [Электронный ресурс]/ Белоус А.И., Ефименко С.А., Турцевич А.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2013.— 228 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31876> — ЭБС «IPRbooks»

б) дополнительная учебная литература

2. Силовая электроника [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам №1-3 на стенде НТЦ-07.25/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 64 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22933> — ЭБС «IPRbooks»

#### 8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Кулик В.Д. Силовая электроника . Автономные инверторы, активные преобразователи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кулик В.Д.— СПб.: СПбГТУРП, 2010.— 90с. <http://www.nizrp.narod.ru/silovelekr.pdf>

2. Кулик В.Д. Аномальные режимы работы полупроводниковых выпрямителей и их диагностика [Текст]: учебное пособие/ Кулик В.Д., Королев В.И.— СПб.: СПбГТУРП, 2012.— 114с.  
<http://www.nizrp.narod.ru/anomregimy.pdf>

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» . [Электронный ресурс] URL: <http://window.edu.ru/>

### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Специализированная аудитория с мультимедийным комплексом
2. Лаборатория электроники: учебные лабораторные стенды, укомплектованные необходимыми электроизмерительными и электронными устройствами для исследования электронных приборов и схем.
3. Специализированная аудитория для самостоятельной работы студентов с выходом в интернет и доступом в электронную библиотеку университета.

### 8.6. Иные сведения и (или) материалы

Для демонстрации на лекциях используются плакаты, раздаточные материалы.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Работа с теоретическим материалом (конспекты, учебники). Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии.
Практические занятия	Просмотр рекомендуемой литературы, подготовка к решению задач по теме практического занятия.
Самостоятельная работа	Эта работа предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на указанных выше аудиторных занятиях, путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации, включая информационные ресурсы сети «Интернет»; подготовки к контрольным работам, защите курсовой работы, зачету. Самостоятельная работа выполняется индивидуально, а также может проводиться под руководством преподавателя.

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде

ПК-3 (2)	1.Имеет достаточное представление о базовых элементах силовой электроники, принципе их действия и особенностях применения. 2.Показывает способность участвовать в проектировании систем автоматизированного электропривода. 3.Использует теоретические знания для расчетов и испытаний силовых электронных преобразователей.	1. Устное собеседование. 2. Практическое задание. 3. Курсовая работа.	1. Перечень вопросов к зачету (24 вопроса). 2. Практические задания (24 задания). 3. Тематика курсовой работы ( 10 тем).
ПК-6 (2)	1.Излагает теоретические положения относительно режимов работы типовых устройств силовой электроники. 2.Демонстрирует умение анализировать работу устройств силовой электроники в выбранном режиме. 3.Показывает способность рассчитывать характеристики и параметры соответствующих режимов работы устройств силовой электроники.	1. Устное собеседование. 2. Практическое задание. 3. Курсовая работа.	1. Перечень вопросов к зачету (24 вопроса). 2. Практические задания (24 задания). 3. Тематика курсовой работы ( 10 тем).

### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

#### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
Зачтено	Обучающийся показывает хорошие знания базовых устройств силовой электроники: управляемых и неуправляемых выпрямителей однофазного и трёхфазного тока; свободно ориентируется в способах управления преобразователями, в схемах и характеристиках реверсивного электропривода постоянного тока; усвоил основную учебную литературу и знаком с дополнительной.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины: не может объяснить работу схем выпрямителей и их временные диаграммы, не знает основные способы управления преобразователями; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной учебной литературой; допускает при ответах на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
	Курсовая работа
Отлично	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа исследуемой схемы силовой электроники. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.
Хорошо	Работа выполнена в необходимом объеме при отсутствии ошибок, что свидетельствует о самостоятельности при работе с источниками информации. Полученные результаты связаны с базовыми понятиями в области электротехники. Даны полные ответы на поставленные вопросы, но имеют место несущественные нарушения в оформлении работы или даны нечеткие выводы, или нарушены сроки предоставления работы к защите.
Удовлетворительно	Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.
Не удовлетворительно	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубые нарушения правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопросы без помощи преподавателя.



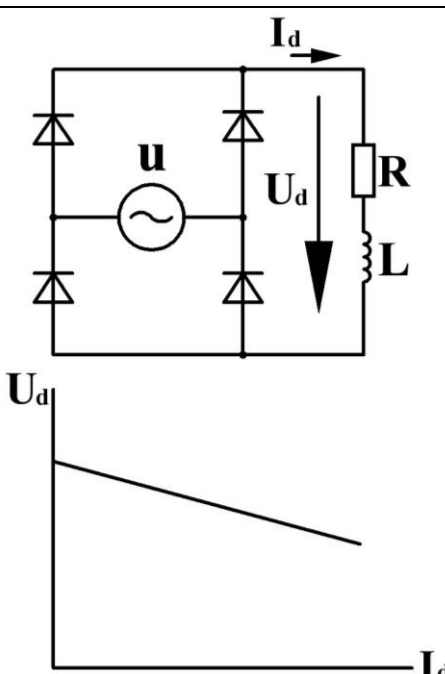
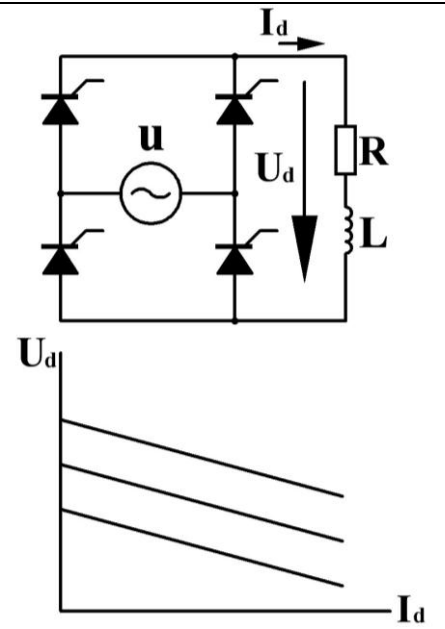
**10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

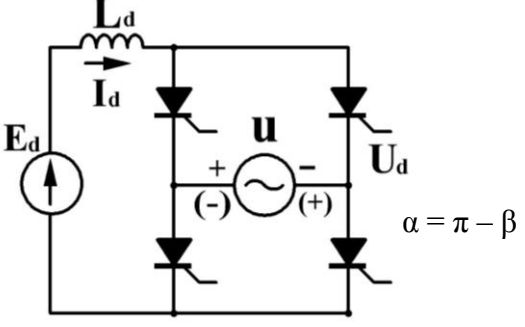
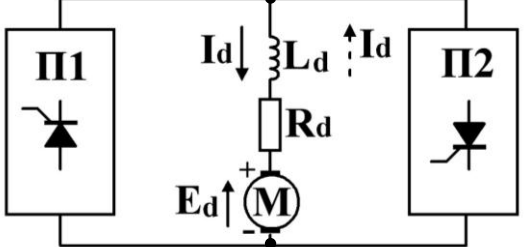
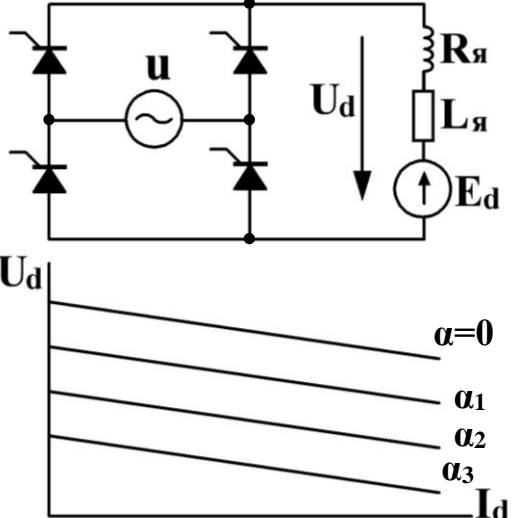
**10.2.1. Перечень вопросов к зачету, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций**

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Силовые полупроводниковые приборы, их классификация.	1
2	Однополупериодный неуправляемый выпрямитель с активной и активно-индуктивной нагрузкой. Принцип действия, основные соотношения, временные диаграммы.	1
3	Однополупериодный неуправляемый выпрямитель с шунтирующим диодом и его временные диаграммы.	1
4	Однофазный мостовой выпрямитель с активной нагрузкой. Расчёт и характеристики.	1
5	Расчет и характеристики двухполупериодного однофазного выпрямителя с нулевым выводом трансформатора и активной нагрузкой.	1
6	Однофазный мостовой выпрямитель с активно-индуктивной нагрузкой. Расчет и характеристики.	1
7	Однофазный выпрямитель с нулевым выводом трансформатора и активно-индуктивной нагрузкой.	1
8	Однофазный двухполупериодный неуправляемый выпрямитель при активно-емкостной нагрузке.	1
9	Принцип действия и характеристики однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя на однооперационных тиристорах с RL-нагрузкой.	1
10	Принцип действия и характеристики двухполупериодного управляемого выпрямителя с RL-нагрузкой и противоЭДС.	2
11	Коммутационные процессы и внешние характеристики однофазного управляемого выпрямителя.	2
12	Принцип действия и характеристики однофазных полууправляемых выпрямителей.	2
13	Неуправляемый трехфазный выпрямитель с нулевым выводом трансформатора.	3
14	Принцип действия и расчет трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя.	3
15	Принцип действия и расчет трехфазного мостового управляемого выпрямителя. Внешние характеристики.	3
16	Принцип действия и расчет трехфазных мостовых полууправляемых выпрямителей (несимметричный).	3
17	Принцип действия и назначение инверторов тока, ведомых сетью.	4
18	Сравнительный анализ режимов выпрямления и инвертирования тиристорных преобразователей.	4
19	Совмещенные внешние характеристики преобразователя (инвертор-выпрямитель).	4
20	Принцип действия трехфазного ведомого сетью инвертора тока с нулевым выводом трансформатора.	5
21	Принцип действия отдельного способа управления двухкомплектных тиристорных преобразователей.	6
22	Принцип действия согласованного способа управления двухкомплектного	6

	тиристорного преобразователя.	
23	Работа тиристорного преобразователя с согласованным способом управления при нагрузке на противоЭДС.	6
24	Принцип действия и характеристики реверсивного электропривода постоянного тока.	7

**10.2.2. Вариант типовых заданий, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций**

№ п/п	Условия типовых задач	Ответы
1	Нарисовать схему двухполупериодного однофазного неуправляемого выпрямителя с активно-индуктивной нагрузкой и внешнюю характеристику выпрямителя.	
2	Нарисовать схему двухполупериодного однофазного управляемого выпрямителя на однооперационных тиристорах с активно-индуктивной нагрузкой и его внешнюю характеристику при различных значениях угла управления $\alpha$ .	

3	Нарисовать схему однофазного мостового инвертора тока, ведомого сетью. Как связаны между собой углы управления $\alpha$ и опережения $\beta$ ?	
4	Нарисовать схему раздельного способа управления преобразователями для электропривода постоянного тока.	
5	Изобразить внешние характеристики выпрямителя в электроприводах постоянного тока и его схему.	

**10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций**

**10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета, защите курсовой работы и порядок ликвидации академической задолженности**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

**10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная\*

**10.3.3. Особенности проведения зачета, и защиты курсовой работы**

- Возможность пользоваться справочными таблицами, справочниками по элементам силовой электроники;
- Время на защиту курсовой работы 15 мин;
- Время на подготовку ответа 30 минут.