

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.03** Силовая электроника

Учебный план: ФГОС3++z130302-1\_21-15.plx

Кафедра: **30** Автоматизированного электропривода и электротехники

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
 (специальность)

Профиль подготовки: Электропривод и автоматика  
 (специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия					
4	УП	4	3	3	94	4	3	Зачет
	РПД	4	3	3	94	4	3	
5	УП	4	4	4	87	9	3	Экзамен
	РПД	4	4	4	87	9	3	
Итого	УП	8	7	7	181	13	6	
	РПД	8	7	7	181	13	6	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 144

Составитель (и):

старший преподаватель

Кузнецов В.Ю.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой автоматизированного электропривода и электротехники

Благодарный Н.С.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Благодарный Н.С.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области силовой электроники, необходимые для изучения последующих профессиональных дисциплин, связанных с электроприводом и автоматизацией технологических процессов и производств

### 1.2 Задачи дисциплины:

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

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Электроника

Введение в специальность

Электроэнергетика

Математика

Физика

Теоретические основы электротехники

Теория автоматического управления

Электродинамика

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ПК-1: Способен участвовать в разработке мероприятий по совершенствованию и модернизации электротехнического оборудования, улучшения его эксплуатационных характеристик**

**Знать:** Классификацию, назначение, основные схмотехнические решения устройств силовой электроники

**Уметь:** Использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию, испытаниям и эксплуатации устройств силовой электроники

**Владеть:** Навыками элементарных расчетов и испытаний силовых электронных преобразователей

**ПК-2: Готовность к выполнению работ по монтажу, наладке и испытанию электротехнического оборудования**

**Знать:** Принцип действия и особенности применения силовых полупроводниковых приборов; навыками работы с электроизмерительными приборами; основными навыками работы с wybranными компонентами электропривода.

**Уметь:** Ставить и решать простейшие задачи моделирования силовых электронных устройств

**Владеть:** Навыками работы с выпрямителями однофазного и трехфазного тока.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Инновац. формы занятий
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)		
Раздел 1. Выпрямители однофазного тока.	4					
Тема 1. Элементарная база полупроводниковых(вентильных) преобразователей. 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 Лабораторная работа №1: Исследование тиристоров, симисторов и запираемых тиристоров.				1	18	
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. Лабораторная работа №2: Исследование управляемого выпрямителя.		1		2	5,5	
Раздел 2. Выпрямители трехфазного тока.						
Тема 3. Выпрямители трехфазного тока. Неуправляемый выпрямитель с нулевым выводом трансформатора. Трехфазный мостовой неуправляемый выпрямитель (схема Ларионова).		1			5,5	
Тема 4. Трехфазные мостовые выпрямители. Трехфазный мостовой управляемый выпрямитель. Трехфазный мостовой полууправляемый выпрямитель. Диагностика трехфазных выпрямителей.	1	2		5,5		

Раздел 3. Инверторы тока, ведомые сетью.					
Тема 5. Однофазные инверторы тока. Назначение и принцип действия инверторов тока, ведомых сетью. Сравнительный анализ режимов выпрямления инвертирования преобразователей.		1			5,5
Тема 6. Трехфазный инвертор тока. Трехфазный ведомый сетью инвертор со средней точкой трансформатора.					18
Раздел 4. Способы управления преобразователями со встречно-параллельным соединением комплектов.					
Тема 7. 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 противовоздс.					18
Тема 8. Реверсивный электропривод постоянного тока. Перекрестная и встречно-параллельная схемы соединения выпрямителей в реверсивном преобразователе. Внешние характеристики.			1		18
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		4	3	3	94
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25			
Раздел 5. Автономные инверторы.					
Тема 9. Инверторы напряжения. Однофазные инверторы напряжения. Классификация инверторов. Инверторы напряжения. Однофазный мостовой инвертор на двухоперационных тиристорах. Однофазный мостовой инвертор с широтным регулированием и с широтно-импульсным способом регулирования напряжения. Лабораторная работа №1: Исследование автономного инвертора напряжения.	5	1	2	2	

Тема 10. Трехфазные мостовые управляемые инверторы напряжения. Трехфазный мостовой инвертор напряжения. Ключевая модель инвертора. Трехфазный мостовой инвертор с широтно-импульсным регулированием напряжения по синусоидальному закону.	1				
Раздел 6. Автономные инверторы тока.					
Тема 11. Однофазный инвертор тока на однооперационных тиристорах. Способы и устройства широтного регулирования напряжения инверторов.	1	2			
Тема 12. Инверторы тока на полностью управляемых полупроводниковых приборах. Однофазный мостовой инвертор на двухоперационных тиристорах.				29	
Раздел 7. Активные преобразователи напряжения и тока.					
Тема 13. Активные преобразователи напряжения. Однофазный мостовой активный выпрямитель. Трехфазный мостовой активный преобразователь напряжения.				29	
Тема 14. Активные преобразователи тока. Однофазный мостовой активный выпрямитель тока. Трехфазный мостовой активный выпрямитель тока.				29	
Раздел 8. Преобразователи частоты.					
Тема 15. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока и с непосредственной связью. Назначение, принцип работы и способы управления преобразователями. Лабораторная работа №2: Статистические и динамические характеристики двухзвенного преобразователя частоты.	1		2		
<b>Итого в семестре (на курсе для ЗАО)</b>	4	4	4	87	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)			2,5	6,5	
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>			24,75	187,5	

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

#### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-1	Имеет достаточное представление о базовых элементах силовой электроники, принципе их действия и особенностях применения. Показывает способность участвовать в проектировании систем автоматизированного электропривода. Использует теоретические знания для расчетов и испытаний силовых электронных преобразователей.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания
ПК-2	Излагает теоретические положения относительно режимов работы типовых устройств силовой электроники. Демонстрирует умение анализировать работу устройств силовой электроники в выбранном режиме. Показывает способность рассчитывать характеристики и параметры соответствующих режимов работы устройств силовой электроники.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

#### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание устройства, назначения, принципа действия, характеристик и параметров полупроводниковых приборов; обучающийся свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях в оцениваемой области при ответах; усвоил основную и хорошо знаком с дополнительной учебной литературой.	
4 (хорошо)	Ответ стандартный, в целом хороший, основан на обязательных источниках информации; обучающийся допускает несущественные ошибки при ответах на экзамене и на дополнительные вопросы преподавателя.	
3 (удовлетворительно)	Ответ неполный, основанный только на лекционном материале; обучающийся показывает знание учебного материала в минимальном объеме; знает основные элементы и схемы силовой электроники, но при этом допускает большое количество непринципиальных неточностей; допускает существенные ошибки в ответах на экзамене, но может устранить их под руководством преподавателя.	
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний по дисциплине; не может пояснить принцип работы и характеристики базовых элементов силовой электроники.	
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.	

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 4	
1	Однополупериодный неуправляемый выпрямитель с активной и активно-индуктивной нагрузкой. Принцип действия, основные соотношения, временные диаграммы.
2	Силовые полупроводниковые приборы, их классификация.
3	Реверсивный электропривод постоянного тока.
4	Работа преобразователя с согласованным способом управления при нагрузке на противо- ЭДС
5	Согласованный способ управления двухкомплектным реверсивным преобразователем с RL - нагрузкой.
6	Раздельный способ управления преобразователями.
7	Способы управления преобразователем.
8	Системы управления и защиты устройств силовой электроники.
9	Характеристики инвертора с широтным регулированием напряжения.
10	Работа трехфазного мостового инвертора с ШИМ по синусоидальному закону и с нагрузкой на асинхронный двигатель.
11	Работа трехфазного мостового инвертора с широтно-импульсным регулированием напряжения по синусоидальному закону.
12	Ключевая модель трехфазного мостового инвертора напряжения.
13	Работа трехфазного мостового инвертора напряжения.
14	Автономные инверторы напряжения на IGBT
15	Однофазный инвертор с широтно-импульсным синусоидальным способом регулирования напряжения.
16	Однофазный инвертор с широтно-импульсным несинусоидальным способом регулирования напряжения.
17	Однофазный инвертор с широтно-импульсным прямоугольным способом регулирования напряжения.
18	Однофазный инвертор с широтно-импульсным способом регулирования напряжения.
19	Назначение, состав и принцип работы однофазного мостового инвертора с широтно-импульсным регулированием напряжения. Временные диаграммы.
20	Назначение, состав и принцип работы однофазного мостового инвертора на двухоперационных тиристорах
21	Ключевая модель однофазного мостового инвертора, принцип работы по схеме и временным диаграммам.
22	Классификация и назначение автономных инверторов.
23	Инверторы. Назначение и особенности инверторов ведомых сетью, автономных инверторов, инверторов тока, инверторов напряжения.
24	Общие подходы к построению силовых электронных устройств.
25	Принцип действия трехфазных мостовых полууправляемых выпрямителей (несимметричный).
26	Принцип действия трехфазного мостового управляемого выпрямителя. Внешние характеристики.
27	Принцип действия трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя.
28	Неуправляемый трехфазный выпрямитель с нулевым выводом трансформатора.
29	Принцип действия и характеристики однофазных полууправляемых выпрямителей.
30	Коммутационные процессы и внешние характеристики однофазного управляемого выпрямителя.



31	Принцип действия и характеристики двухполупериодного управляемого выпрямителя с RL-нагрузкой и противоЭДС.
32	Принцип действия и характеристики однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя на однооперационных тиристорах с RL-нагрузкой.
33	Однофазный двухполупериодный неуправляемый выпрямитель при активно-емкостной нагрузке.
34	Однофазный выпрямитель с нулевым выводом трансформатора и активно-индуктивной нагрузкой.
35	Однофазный мостовой выпрямитель с активно-индуктивной нагрузкой его характеристики.
36	Характеристики двухполупериодного однофазного выпрямителя с нулевым выводом трансформатора и активной нагрузкой.
37	Однофазный мостовой выпрямитель с активной нагрузкой его характеристики.
38	Однополупериодный неуправляемый выпрямитель с шунтирующим диодом и его временные диаграммы.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

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 отдельного способа управления преобразователями для электропривода постоянного тока.

5. Изобразить внешние характеристики выпрямителя в электроприводах постоянного тока и его схему.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная

Письменная

Компьютерное тестирование

Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Возможность пользоваться справочными таблицами, справочниками по элементам силовой электроники;
- Время на подготовку ответа 30 минут
- В течение семестра выполняются контрольные работы

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Белоус, А. И., Ефименко, С. А., Турцевич, А. С.	Полупроводниковая силовая электроника	Москва: Техносфера	2013	<a href="http://www.iprbookshop.ru/31876.html">http://www.iprbookshop.ru/31876.html</a>
В.Д. Кулик	Силовая электроника. Автономные инверторы, активные преобразователи [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2010	<a href="http://nizrp.narod.ru/silovelekt.pdf">http://nizrp.narod.ru/silovelekt.pdf</a>
Родыгин, А. В.	Силовая электроника	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/91420.html">http://www.iprbookshop.ru/91420.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				

В.Д. Кулик, В.И. Королев	Аномальные режимы работы полупроводниковых выпрямителей и их диагностика [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2012	<a href="http://nizrp.narod.ru/animregimy.pdf">http://nizrp.narod.ru/animregimy.pdf</a>
Башлыков, А. М.	Силовая электроника	Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ	2013	<a href="http://www.iprbookshop.ru/22933.html">http://www.iprbookshop.ru/22933.html</a>

#### 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>  
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>  
 ГОСТ База стандартов. Общероссийский классификатор стандартов. Электроника. [Электронный ресурс]. URL: <https://engenepr.ru/oks/elektronika>

#### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
 MicrosoftOfficeProfessional 2013

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

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Б-206	Специализированная мебель, доска, мультимедийное оборудование. Лабораторные стенды для исследования характеристик и параметров полупроводниковых приборов и базовых схем промышленной электроники
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
А-101	Лабораторные стенды по исследованию электрических цепей постоянного и переменного тока. Лабораторные стенды по исследованию трансформаторов и машин переменного и постоянного тока. Лабораторный стенд испытания двигателя и генератора постоянного тока