

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.03	Силовая электроника
Учебный план:	ФГОС3++z130302-4_24-15.plx
Кафедра:	30 Автоматизированного электропривода и электротехники
Направление подготовки: (специальность)	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль подготовки: (специализация)	Электропривод и автоматика
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				
3	УП	4	3	3	94	4	3	Зачет
	РПД	4	3	3	94	4	3	
4	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, утверждённым приказом Минобрнауки России 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:

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

Физика

Математика

Теоретические основы электротехники

Электроэнергетика

Электродинамика

Теория автоматического управления

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 схемотехнические 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 выбранными компонентами электропривода.
Уметь: Ставить и решать простейшие задачи моделирования силовых электронных устройств
Владеть: Навыками работы с выпрямителями однофазного и трехфазного тока.

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)	
Раздел 1. Выпрямители однофазного тока.	3				
Тема 1. Элементная 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	2,5	0,5	44
Тема 2. Управляемые выпрямители. Однополупериодный выпрямитель с RL-нагрузкой. Двухполупериодный выпрямитель с RL-нагрузкой. Двухполупериодный выпрямитель с RL-нагрузкой и противо-эдс. Коммутация тока и внешние характеристики однофазных управляемых выпрямителей. Полууправляемые выпрямители. Лабораторная работа №2: Исследование управляемого выпрямителя.		3	0,5	2,5	50
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		4	3	3	94
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25			
Раздел 2. Выпрямители трехфазного тока.	4				
Тема 3. Выпрямители трехфазного тока. Неуправляемый выпрямитель с нулевым выводом трансформатора. Трехфазный мостовой неуправляемый выпрямитель (схема Ларионова).					19
Тема 4. Трехфазные управляемые выпрямители. Трехфазный мостовой управляемый выпрямитель, регулировочные характеристики, Работа выпрямителя с учетом коммутационных процессов. Трехфазный мостовой полууправляемый выпрямитель.					15
Раздел 3. Инверторы тока, ведомые сетью.					

Тема 5. Однофазные инверторы тока. Назначение и принцип действия инверторов тока, ведомых сетью. Сравнительный анализ режимов выпрямления и инвертирования преобразователей. Лабораторная работа №3: Исследование управляемого выпрямителя в режиме инвертирования.			0,5	15
Тема 6. Трехфазный инвертор тока. Трехфазный ведомый сетью инвертор со средней точкой трансформатора.				4
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.				6
Тема 8. Реверсивный электропривод постоянного тока. Перекрестная и встречно-параллельная схемы соединения выпрямителей в реверсивном преобразователе. Внешние характеристики. Лабораторная работа №4: Исследование реверсивного тиристорного преобразователя.			0,5	7
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.			0,5	4
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.				4
Раздел 6. Автономные инверторы тока.				

Тема 11. Однофазный инвертор тока на однооперационных тиристорах. Способы и устройства широтного регулирования напряжения инверторов. Лабораторная работа №2: Исследование автономного инвертора тока.				0,5	2
Тема 12. Инверторы тока на полностью управляемых полупроводниковых приборах. Однофазный мостовой инвертор на двухоперационных тиристорах.					2
Раздел 7. Активные преобразователи напряжения и тока.					
Тема 13. Активные преобразователи напряжения. Однофазный мостовой активный выпрямитель. Трехфазный мостовой активный преобразователь напряжения. Лабораторная работа №3: Исследование преобразователя частоты.		1	0,5		3
Тема 14. Активные преобразователи тока. Однофазный мостовой активный выпрямитель тока. Трехфазный мостовой активный выпрямитель тока. Лабораторная работа №4: Статистические и динамические характеристики двухзвенного преобразователя частоты.	1	2	1,5		3
Раздел 8. Преобразователи частоты.					
Тема 15. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока и с непосредственной связью. Назначение, принцип работы и способы управления преобразователями.	3	1			3
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	4	4	4		87
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)	2,5				6,5
Всего контактная работа и СР по дисциплине	24,75				187,5

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

5.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
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.
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.
--	--

5.2 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.	

5.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

5.3.1 Типовые контрольные вопросы

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

5.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

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

5.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

5.4.1 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»

5.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + Письменная ☐ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

5.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Возможность пользоваться справочными таблицами, справочниками по элементам силовой электроники;
- Время на подготовку ответа 30 минут

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Родыгин, А. В.	Силовая электроника	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2017	http://www.iprbookshop.ru/91420.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
В.Д. Кулик	Силовая электроника. Автономные инверторы, активные преобразователи [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2010	http://nizrp.narod.ru/silovelektr.pdf
Башлыков, А. М.	Силовая электроника	Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ	2013	http://www.iprbookshop.ru/22933.html
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	http://nizrp.narod.ru/anomregimy.pdf
Белоус, А. И., Ефименко, С. А., Турцевич, А. С.	Полупроводниковая силовая электроника	Москва: Техносфера	2013	http://www.iprbookshop.ru/31876.html

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://engeneqr.ru/oks/elektronika>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

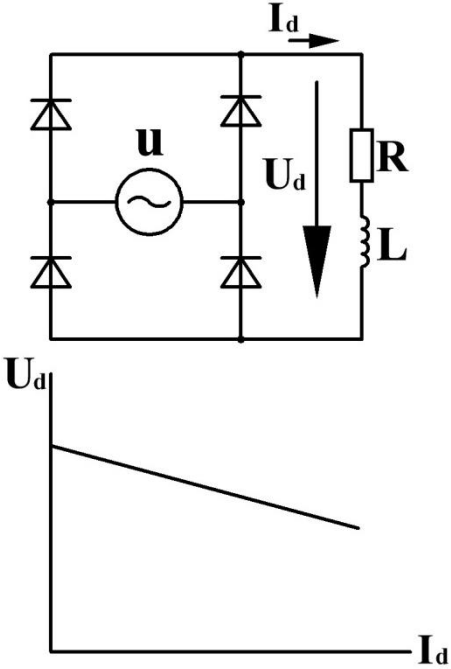
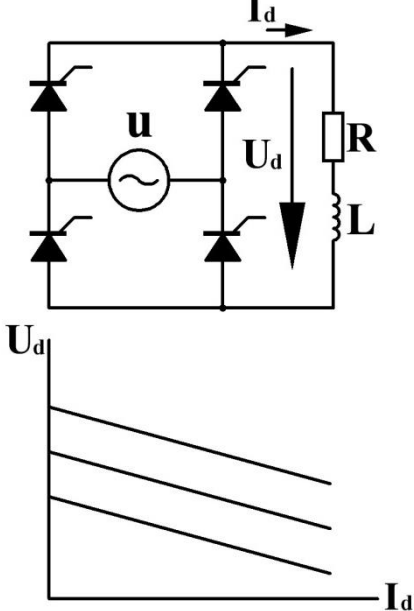
MicrosoftWindows 8

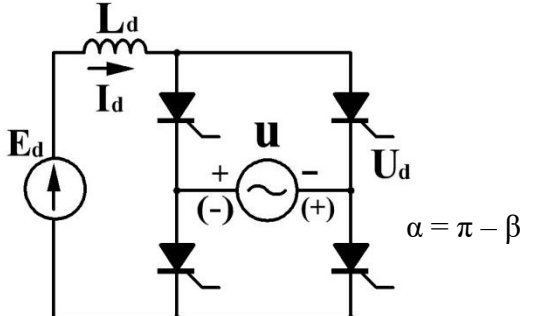
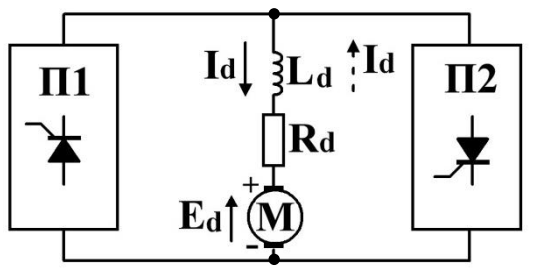
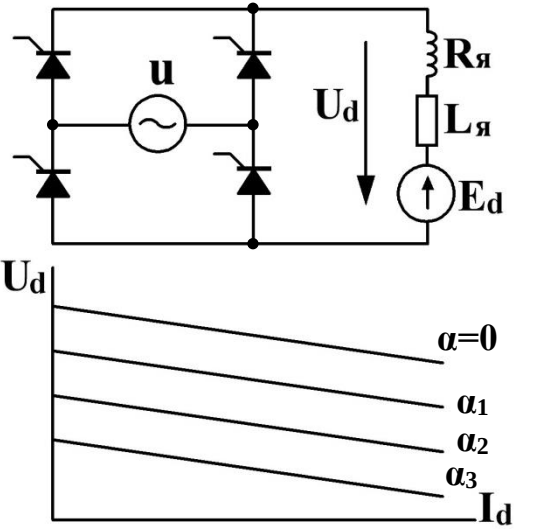
MicrosoftOfficeProfessional 2013

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

Приложение
 рабочей программы дисциплины «Силовая электроника»
 по направлению подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 наименование ОП (профиля): Электропривод и автоматика

№ 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 α .	

3	Нарисовать схему однофазного мостового инвертора тока, ведомого сетью. Как связаны между собой углы управления α и опережения β ?	 $\alpha = \pi - \beta$
4	Нарисовать схему раздельного способа управления преобразователями для электропривода постоянного тока.	
5	Изобразить внешние характеристики выпрямителя в электроприводах постоянного тока и его схему.	 Graph showing the average output voltage U_d versus the average output current I_d for different firing angles α: $\alpha = 0$ α_1 α_2 α_3