



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Электротехнический факультет

Кафедра микропроцессорных средств автоматизации



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Н. В. Лобов

2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль программы бакалавриата:

Электроснабжение

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

микропроцессорных средств автоматизации

Форма обучения:

очная

Курс: 3 Семестр(ы): 6

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	5	3Е
Часов по рабочему учебному плану:	180	ч

Виды контроля:

Экзамен: 6 семестр

Зачёт:

Курсовой проект:

Курсовая работа:

Пермь
2017

Учебно-методический комплекс дисциплины «Силовая электроника» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «03» сентября 2015 г. номер приказа «955» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника;

- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль «Электроснабжение», утверждённой «24» июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);

- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль «Электроснабжение», утверждённого «28» апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин Математика, Физика, Химия, Экология, Электротехническое и конструктивное материаловедение, Общая энергетика, Электрические машины, Теоретическая механика, Математические методы в электротехнике и электроэнергетике, Теория автоматического управления, Электромагнитная совместимость в электроэнергетике, Техника высоких напряжений, Численные методы, Электромагнитные расчеты в электромеханических преобразователях, Теория оптимизации, Методы идентификации, Энергоснабжение, Электрический привод, Теоретические основы электротехники, Физические основы электроники, Диагностика и надежность электротехнических и электроэнергетических систем, Переходные процессы в электроэнергетических системах, Электроснабжение, Электрические и компьютерные измерения, Моделирование в электротехнике и электроэнергетике.

Разработчики

д-р техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

В.П. Казанцев
(инициалы, фамилия)

(ученая степень, звание)

(подпись)

О.А. Билоус
(инициалы, фамилия)

Рецензент

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.М. Костыгов
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры микропроцессорных средств автоматизации «06» сентября 2017 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой,
ведущей дисциплину

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.Б. Петроченков
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией электротехнического факультета «14» 09 2017 г., протокол № 4.

Председатель учебно-методической комиссии
электротехнического факультета

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.Л. Гольдштейн
(инициалы, фамилия)

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой МСА

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.Б. Петроченков
(инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных программ

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

Д.С. Репецкий
(инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – освоение дисциплинарных компетенций по расчёту и проектированию современных преобразовательных устройств на основе силовых электронных полупроводниковых элементов, которые позволят студентам успешно решать теоретические и практические задачи профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией электропривода.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет части следующих компетенций:

- Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач (ОПК-2);
- Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3).

1.2 Задачи дисциплины:

- **изучение** принципов работы систем построенных на базе силовых полупроводниковых приборов;
- **формирование умений** по расчету и выбора силовых приборов и преобразователей;
- **формирование навыков** использования теоретических и практических материалов по силовым преобразователям для проектирования, монтажа и наладки электропривода, вставок постоянного тока, систем питания;
- **формирование навыков** проведения испытаний силовых преобразователей, обработки, анализа и представления результатов экспериментальных исследований.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- классификация, назначение, основные схемотехнические решения устройств силовой электроники;
- силовые полупроводниковые приборы физические явления в них и основы теории полупроводниковых приборов;
- методы проектирования, испытания и моделирования силовых преобразовательных устройств.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Силовая электроника» относится к базовой части блока 1 Дисциплины (модули) и является обязательной при освоении ОПОП по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение».

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и демонстрировать следующие результаты:

- **знать:**
 - классификацию, назначение, основные схемотехнические решения устройств силовой электроники.
 - силовые полупроводниковые приборы и преобразователи, как средства управления режимами работы, защиты и регулирования параметров электротехнических и электроэнергетических систем;
 - физические явления в полупроводниковых приборах и основы теории полупроводниковых приборов;
 - принцип действия современных силовых полупроводниковых приборов, особенности их конструкции;
 - методы проектирования, испытания и моделирования силовых преобразовательных устройств;
- **уметь:**

– производить выбор полупроводниковых приборов электрического привода, систем оперативного тока электрических станций и подстанций, систем компенсации реактивной мощности на базе статических тиристорных компенсаторов и вставок постоянного тока;

– выполнять работы по расчету и проектированию силовых преобразователей в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования;

– использовать на практике методы и критерии выбора силовых преобразователей для систем автоматизации технологических процессов и электроснабжения;

• **Владеть:**

– навыками использования теоретических и практических материалов по силовым преобразователям при проектировании, монтаже, наладке и эксплуатации различных силовых полупроводниковых приборов и преобразователей;

– навыками выполнения расчетов, проектирования и конструирования параметров силовых полупроводниковых преобразователей и приборов;

– навыками анализа режимов работы силовых полупроводниковых приборов и преобразователей;

– навыками эксплуатации и проведения стандартных испытаний силовых полупроводниковых приборов и преобразователей.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Общепрофессиональные компетенции			
ОПК - 2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Математика, Физика, Химия, Экология, Электротехническое и конструктивное материаловедение, Общая энергетика, Электрические машины, Теоретическая механика, Электромагнитная совместимость в электроэнергетике, Техника высоких напряжений, Численные методы, Электромагнитные расчеты в электромеханических преобразователях	Теория оптимизации, Методы идентификации, Энергоснабжение, Электрический привод, Моделирование в электротехнике и электроэнергетике
ОПК - 3	Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	Теоретические основы электротехники, Физические основы электроники, Электроснабжение, Электрические и компьютерные измерения	Диагностика и надежность электротехнических и электроэнергетических систем, Моделирование в электротехнике и электроэнергетике

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ОПК-2, ОПК-3.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-2

Код	Формулировка компетенции
ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ОПК-2.Б1.Б.18	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования при расчете схем и параметров силовых полупроводниковых приборов и преобразователей.

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенций студент Знает: – классификацию, назначение, основные схемотехнические решения устройств силовой электроники; – силовые полупроводниковые приборы и преобразователи, как средства управления режимами работы, защиты и регулирования параметров электротехнических и электроэнергетических систем; – физические явления в полупроводниковых приборах и основы теории полупроводниковых приборов	Лекции. СРС.	Контрольные и тестовые вопросы для текущего и промежуточного контроля. Вопросы к экзамену.
Умеет: – выполнять работы по расчету и проектированию силовых преобразователей в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования	Практические занятия. Лабораторные работы. СРС.	Задание на выполнение лабораторных и практических работ.
Владеет: – навыками выполнения расчетов, проектирования и конструирования параметров силовых полупроводниковых преобразователей и приборов; – навыками анализа режимов работы силовых полупроводниковых приборов и преобразователей;	Лабораторные работы. Курсовое проектирование. СРС по подготовке к лабораторным работам.	Задание на выполнение лабораторных и практических работ.

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-3

Код	Формулировка компетенции
ОПК-3	Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ОПК-3.Б1.Б.18	Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей при определении состав и параметров силовых полупроводниковых приборов и преобразователей, используемых в технологических узлах электроэнергетического оборудования

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенций студент Знает: – методы проектирования, испытания и моделирования силовых преобразовательных устройств; – принцип действия современных силовых полупроводниковых приборов, особенности их конструкции	Лекции. СРС.	Контрольные и тестовые вопросы для текущего и промежуточного контроля. Вопросы к экзамену.
Умеет: – производить выбор полупроводниковых приборов электрического привода, систем оперативного тока электрических станций и подстанций, систем компенсации реактивной мощности на базе статических тиристорных компенсаторов и вставок постоянного тока; – использовать на практике методы и критерии выбора силовых преобразователей для систем автоматизации технологических процессов и электроснабжения;	Практические занятия. Лабораторные работы. СРС.	Задание на выполнение лабораторных и практических работ.
Владеет: – навыками использования теоретических и практических материалов по силовым преобразователям при проектировании, монтаже, наладке и эксплуатации различных силовых полупроводниковых приборов и преобразователей; – навыками эксплуатации и проведения стандартных испытаний силовых полупроводниковых приборов и преобразователей.	Лабораторные работы. Курсовое проектирование. СРС по подготовке к лабораторным работам.	Задание на выполнение лабораторных и практических работ.

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 5 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		семестр 6	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная (контактная работа)	44	44
	-в том числе в интерактивной форме	12	12
	- лекции (Л)	16	16
	-в том числе в интерактивной форме	6	6
	- практические занятия (ПЗ)	4	4
	-в том числе в интерактивной форме	0	0
	- лабораторные работы (ЛР)	24	24
	-в том числе в интерактивной форме	6	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	96	96
	- изучение теоретического материала	63	63
	- расчётно-графические работы	—	—
	- курсовой проект	—	—
	- курсовая работа	—	—
	- реферат	—	—
	- подготовка отчетов по лабораторным работам	22	22
	- подготовка к практическим занятиям	11	11
	- индивидуальные задания	—	—
	- другие виды самостоятельной работы	—	—
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: <i>экзамен</i>	36	36
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч)	180	180
	в зачётных единицах (ЗЕ)	5	5

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дисци- пли- ны	Номер темы дисцип- лины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Трудо- ёмкость, ч / 3Е
			аудиторная работа				КС Р	ито- говый кон- троль	само- сто- ятель- ная ра- бота	
			всего	Л	ПЗ	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Введение	0,25	0,2 5						0,25
		1	1,25	0,2 5		1,0			2,0	3,25
		2	1,75	0,5	0,2 5	1,0			2,5	4,25
	2	3	5,75	0,5	0,2 5	5,0			8,0	13,75
		4	5,0	1,0		4,0			7,0	12,0
		5	2,0	0,5	0,5	1,0			3,0	5,0
		6	2,50	1,0	0,5	1,0			3,5	6,0
		7	4,0	1,0		3,0			6,0	10,0
							2,0			2,0
	Итого по моду- лю:		22,5	5,0	1,5	16, 0	2,0		32,0	56,5 / 1,6
2	3	8	0,5	0,2 5	0,2 5				2,5	3,0
		9	1,5	1,2 5	0,2 5				7,5	9,0
		10	1,25	0,7 5	0,5				5,0	6,25
	4	11	0,75	0,7 5					2,5	3,25
		12	0,5	0,5					2,5	3,0
							1,0			1,0
Итого по моду- лю:		4,5	3,5	1,0		1,0		20,0	25,5 / 0,7	
3	5	13	2,25	0,5	0,5	1,5			7,5	10,0
		14	2,0	0,5	0,2 5	1,0			5,5	7,25
	6	15	5,25	2,5	0,2 5	2,5			12,0	17,25
		16	5,0	1,5	0,5	3,0			15,0	20,0
	7	17	2,0	2,0					4,0	6,0
		Заключе- ние	0,5	0,5						0,5
							1,0			1,0
	Итого по моду- лю:		17,0	7,5	1,5	8,0	1,0		44,0	62,0 / 1,7

Промежуточная аттестация						36,0		36,0 / 1,0
Итого:	44,9	16,0	4,0	24,0	4,0	36,0	96,9	186,0/5,0

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Элементная база устройств силовой электроники. Выпрямители и зависимые инверторы.

Л – 5,0 часов, ПЗ – 1,5 часа, ЛР – 16 часов, СРС – 32 часа, КСР – 2 часов

Введение. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи курса, краткий обзор исторического развития силовой электроники. Общие сведения о силовых преобразователях электропривода. Современные перспективные направления в развитии силовых преобразовательных устройств.

Раздел 1. Элементная база устройств силовой электроники.

Тема 1. Силовые полупроводниковые приборы (СПП).

Особенности и классификация СПП. Свойства и характеристики силовых вентилей (диодов, транзисторов, тиристоров).

Тема 2. Параметры СПП.

Системы параметров СПП. Предельные и характеризующие параметры. Статические и динамические параметры.

Раздел 2 Неуправляемые и управляемые выпрямители. Зависимые (ведомые сетью) инверторы.

Тема 3. Выпрямители.

Структурная схема выпрямительного устройства. Допущения при рассмотрении рабочего процесса. Влияние вида нагрузки на процесс выпрямления. Общая характеристика схем выпрямителей. Неуправляемый выпрямитель и тиристорный преобразователь (ТП) при мгновенной коммутации. Угол управления. Величина ЭДС неуправляемого выпрямителя и ТП. Величина и характер изменения обратного напряжения на вентиллях. Токи вторичных и первичных обмоток питающего трансформатора. Регулировочная характеристика ТП.

Тема 4. Коммутация токов в фазах питающего трансформатора.

Допущения при рассмотрении рабочего процесса. Угол коммутации. Коммутационное снижение средней величины выпрямленного напряжения. Внешние характеристики тиристорных преобразователей.

Тема 5. Инверторный режим работы ТП.

Источник и приемник энергии постоянного тока. Инверторный режим работы ТП, перевод нереверсивного ТП из выпрямительного режима в инверторный. Особенности инверторного режима работы ТП.

Тема 6. Трехфазный мостовой ТП.

Особенности работы выпрямителя по мостовой схеме Ларионова. Полууправляемый выпрямитель по мостовой схеме, особенности работы. Эквивалентные многофазные схемы, принцип их построения

Тема 7. Энергетические характеристики тиристорного электропривода постоянного тока.

КПД тиристорного преобразователя. Коэффициент мощности тиристорного электропривода постоянного тока. Влияние работы тиристорного электропривода на питающую сеть. Способы улучшения коэффициента мощности тиристорных преобразователей.

Модуль 2 Системы управления преобразовательными устройствами. Реверс вентильного АЭП постоянного тока

Л – 3,5 часа, ПЗ – 1 час, СРС – 20 часов, КСР – 1 час

Раздел 3. Системы управления преобразовательными устройствами.

Тема 8. Требования к параметрам управляющих (включающих) импульсов.

Мощность управляющих импульсов. Причины и последствия асимметрии управляющих импульсов. Крутизна переднего фронта, форма и длительность включающих импульсов.

Тема 9. Системы импульсно-фазового управления (СИФУ). Классификация и принципы построения

Основные функции системы управления ТП. Аналоговые, цифровые и микропроцессорные СУ.

Тема 10. Основные узлы многоканальной СИФУ.

Синхронизирующие устройства. Фазосдвигающее устройство (ФСУ). Входные устройства. Выходные устройства СИФУ ТП (формирователи импульсов).

Раздел 4. Способы реверса вентильного АЭП постоянного тока.

Тема 11. Бесконтактные реверсивные схемы с двухкомплектными ТП.

Реверс системы ТП-Д. Способы согласования работы вентильных групп в реверсивных ТП.

Тема 12. Системы с совместным и с отдельным управлением комплектами вентилей реверсивного ТП.

Одноканальные и двухканальные системы управления ТП. Безлюфтовое сопряжение механических и внешних характеристик. Линейное (симметричное) согласование работы реверсивных групп. Системы, работающие в зависимости от знака сигнала рассогласования. Системы самонастройки (системы сканирующей логики).

Модуль 3 Основы электрического привода

Л – 7,5 часов, ПЗ – 1,5 часа, ЛР – 8 часов, СРС – 44 часа, КСР – 1 час

Раздел 5 Преобразователи постоянного тока.

Тема 13. Виды преобразователей постоянного тока.

Регуляторы с непрерывным регулированием. Принцип импульсного регулирования напряжения и тока. Реализация импульсных элементов (ключей) на тиристорах.

Тема 14. Широтно-импульсные преобразователи (ШИП) для управления двигателями постоянного тока.

Временные диаграммы работы ШИП при симметричном, несимметричном и поочередном способах управления ШИП.

Раздел 6. Преобразователи переменного напряжения. Преобразователи частоты (ПЧ).

Тема 15. Схемы преобразователей переменного напряжения. Классификация преобразователей частоты.

Фазовое регулирование, импульсная модуляция на основной частоте (ИМ-ОЧ), на высокой частоте (ИМ-ВЧ), низкой частоте (ИМ-НЧ). Двухзвенные ПЧ с амплитудным регули-

рованием напряжения и тока. Двухзвенные ПЧ с широтно-импульсным регулированием напряжения и тока.

Тема 16. ПЧ с непосредственной связью нагрузки с сетью.

Схема и диаграмма напряжения непосредственных преобразователей частоты.

Раздел 7. Аварийные режимы работы ТП.

Тема 17. Внешние и внутренние аварии ТП.

Средства и способы защиты от коротких замыканий. Средства и способы защиты от перенапряжений.

Заключение.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
1	2,3	Решение задач по разделу «Неуправляемые и управляемые выпрямители. Зависимые (ведомые сетью) инверторы».
2	8,9,10	Решение задач по разделу «Системы управления преобразовательными устройствами».
3	13, 14	Решение задач по разделу «Преобразователи постоянного тока»
4	15, 16	Решение задач по разделу «Преобразователи переменного напряжения. Преобразователи частоты (ПЧ)».

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	2	3
1	1,2	Исследование работы силовых полупроводниковых приборов
2	2, 3	Исследование схем включения преобразователя и снятие графиков напряжения нагрузки

1	2	3
3	3, 6	Исследование работы управляемых выпрямителей
4	3, 4	Исследование работы выпрямителя при разных видах нагрузки
5	3, 7	Исследование рабочих процессов в управляемых выпрямителях работающем на двигательную нагрузку на примере однофазной мостовой, трехфазной нулевой и мостовой схемы
6	4, 7	Определение параметров и показателей, характеризующих работу трехфазного мостового управляемого выпрямителя
7	4	Исследование работы сглаживающих фильтров в цепи постоянного тока управляемого выпрямителя
8	5	Исследование работы ведомого инвертора
9	13	Исследование работы автономного однофазного параллельного инвертора тока
10	14	Исследование работы широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения
11	15, 16	Снятие регулировочной характеристики нереверсивного последовательного широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения
12	15, 16	Исследование работы на активно-индуктивную нагрузку трехфазно-однофазного преобразователя частоты выполненного по мостовой и нулевой схемам

4.5. Курсовой проект (курсовая работа)

Курсовой проект не предусмотрен.

4.6. Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.7. Расчетно-графические работы

Расчетно-графические работы не предусмотрены.

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	Изучение теоретического материала	1,5
	Подготовка к лабораторным занятиям	0,5
2	Изучение теоретического материала	1,5
	Подготовка к практическим занятиям	0,5
	Подготовка к лабораторным занятиям	0,5
3	Изучение теоретического материала	4,0
	Подготовка к практическим занятиям	1,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	3,0
4	Изучение теоретического материала	4,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	3,0
5	Изучение теоретического материала	2,0
	Подготовка к практическим занятиям	0,5
	Подготовка к лабораторным занятиям	0,5
6	Изучение теоретического материала	2,0
	Подготовка к практическим занятиям	0,5
	Подготовка к лабораторным занятиям	1,0
7	Изучение теоретического материала	2,5
	Подготовка к лабораторным занятиям	3,5
8	Изучение теоретического материала	1,5
	Подготовка к практическим занятиям	1,0
9	Изучение теоретического материала	6,5
	Подготовка к практическим занятиям	1,0
10	Изучение теоретического материала	3,5
	Подготовка к практическим занятиям	1,5
11	Изучение теоретического материала	2,5
12	Изучение теоретического материала	2,5
13	Изучение теоретического материала	4,0
	Подготовка к практическим занятиям	1,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	2,5
14	Изучение теоретического материала	3,5
	Подготовка к практическим занятиям	1,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	1,0
15	Изучение теоретического материала	7,5
	Подготовка к практическим занятиям	1,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	3,5
16	Изучение теоретического материала	10,0
	Подготовка к практическим занятиям	2,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	3,0
17	Изучение теоретического материала	4,0
	Итого: в ч / в 3Е	96,0 / 2,6

5.2 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 2. Динамические параметры тиристоров.

Тема 3. Токи вторичных и первичных обмоток питающего трансформатора для мостовых схем выпрямления.

Тема 4. Диаграммы напряжения и тока тиристорных преобразователей в режиме прерывистых токов для активной нагрузки.

Тема 5. Диаграммы напряжения и тока тиристорных преобразователей в инверторном режиме.

Тема 6. Способы реализации фазового сдвига при построении эквивалентных многофазных схем.

Тема 7. Улучшение коэффициента мощности тиристорных преобразователей при использовании широтно-импульсной модуляции входного тока.

Тема 10. Интегральный принцип фазосмещения в фазосдвигающем устройстве.

Тема 11. Перекрестные и встречно-параллельные схемы реверсивных вентильных электроприводов.

Тема 12. Системы регулирования тока с перекрестными обратными связями.

Тема 13. Реализация импульсных элементов (ключей) на транзисторах.

Тема 14. Временные диаграммы работы ШИП при несимметричном и поочередном способах управления ШИП для режима реверса.

Тема 15. Схема и диаграммы тока и напряжения однофазного АИН на транзисторах. Управляемый источник напряжения.

Тема 17. Средства и способы защиты от коротких замыканий плавкими предохранителями.

5.3 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются и ставятся проблемные задачи, формируются команды, заслушиваются варианты решения. При проведении практических и лабораторных занятий преследуются следующие цели: закрепление и углубление знаний, умений и навыков в области проектирования электромеханических систем, развитие творческой инженерной инициативы, закрепление навыков использования справочной и специальной технической литературы, навыков выполнения графической работы и оформления технической документации.

Проведение лабораторных и практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при которой учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

6. Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

- текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- опрос студентов на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2 Промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- тестирование (модуль 1, 2);
- контрольные работы (модуль 1, 2);
- защита лабораторных работ (модуль 1, 2).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Экзамен

Экзамен по дисциплине «Силовая электроника» проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса, охватывающие разные разделы дисциплины.

К сдаче экзамена допускаются студенты, сдавшие и защитившие отчёты по лабораторным работам и индивидуальным заданиям по модулям и получившие удовлетворительные оценки по результатам промежуточной аттестации.

Экзаменационная оценка проставляется при удовлетворительном устном ответе на вопросы, указанные в экзаменационном билете.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, контрольные задания к экзамену, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Виды контроля			
	ТК	ПК	ЛР, ПЗ	Экзамен
1	2	3	4	5
В результате освоения дисциплины студент				
Знает:				
– классификацию, назначение, основные схемотехнические решения устройств силовой электроники	+	+		+
– силовые полупроводниковые приборы и преобразователи, как средства управления режимами работы, защиты и регулирования параметров электротехнических и электроэнергетических систем	+	+		+
– физические явления в полупроводниковых приборах и основы теории полупроводниковых приборов	+	+		+
– принцип действия современных силовых полупроводниковых приборов, особенности их конструкции	+	+		+
– методы проектирования, испытания и моделирования силовых преобразовательных устройств	+	+		+
Умеет:				
– производить выбор полупроводниковых приборов электрического привода, систем оперативного тока электрических станций и подстанций, систем компенсации реактивной мощности на базе статических тиристорных компенсаторов и вставок постоянного тока			+	
– выполнять работы по расчету и проектированию силовых преобразователей в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования			+	
– использовать на практике методы и критерии выбора силовых преобразователей для систем автоматизации технологических процессов и электроснабжения			+	
Владеет:				
– навыками использования теоретических и практических материалов по силовым преобразователям при проектировании, монтаже, наладке и эксплуатации различных силовых полупроводниковых приборов и преобразователей			+	
– навыками выполнения расчетов, проектирования и конструирования параметров силовых полупроводниковых преобразователей и приборов			+	
– навыками анализа режимов работы силовых полупроводниковых приборов и преобразователей			+	
– навыками эксплуатации и проведения стандартных испытаний силовых полупроводниковых приборов и преобразователей			+	

Примечание:

ТК – текущий контроль проводимый в форме контрольных работ;

ПК – промежуточный контроль;

ЛР, ПЗ – выполнение практических заданий и лабораторных работ с подготовкой отчёта.

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

[illegible]

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.Б.18 Силовая электроника (индекс и полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (модули) (цикл дисциплины) ☒ базовая часть цикла ☐ вариативная часть цикла ☒ обязательная по выбору студента
13.03.02 (код направления подготовки / специальности)	Электроэнергетика и электротехника профиль: Электроснабжение (полное название направления подготовки / специальности)
ЭЭ / ЭС (аббревиатура направления / специальности)	Уровень подготовки: ☐ специалист ☒ бакалавр ☐ магистр Форма обучения: ☒ очная ☒ заочная ☐ очно-заочная
2016 (год утверждения учебного плана ООП)	Семестр(-ы): <u>6</u> Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>25</u>

Самусин Сергей Иванович, доцент, ЭТФ,
кафедра МСА. тел. 239 18 22

Билоус Ольга Анатольевна, доцент, ЭТФ,
кафедра МСА. тел. 239 18 22

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	О. А. Билоус, А. П. Иванов Электронные преобразовательные устройства Учебное пособие – Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010. – 212 с.	81 + ЭБ
2	О. З. Попков Основы преобразовательной техники : учебное пособие для вузов / О. З. Попков ; Московский энергетический институт. — 2-е изд., стер. — М. : Изд-во МЭИ, 2007. — 200 с.	20
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Электротехника: уч. пособие для вузов. Кн. 2. Электрические машины. Промышленная электроника. Теория автоматизированного управления. – 2004. – 710 с.	19
2	В.И. Мелешин Транзисторная преобразовательная техника Монография - М.: Техносфера, 2005. – 632 с	31
3	Ю. К. Розанов, Е. М. Соколова Электронные устройства электромеханических систем Учебное пособие – М.: Академия, 2006. – 272с.	6
2.2 Периодические издания		
	не используются	
2.3 Нормативно-технические издания		
	не используются	
2.4 Официальные издания		
	не используются	
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманит., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург : Лань, 2010- . – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана.	
3	Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Основные данные об обеспеченности на

_____ (дата составления рабочей программы)

основная литература

☒

обеспечена

☐

не обеспечена

дополнительная литература

☒

обеспечена

☐

не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

_____ 

Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на

_____ (дата составления рабочей программы)

основная литература

☐

обеспечена

☐

не обеспечена

дополнительная литература

☐

обеспечена

☐

не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Не предусмотрены.

8.4 Аудио- и видео-пособия

Не предусмотрены.

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

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	Лаборатория автоматизированного электропривода	Кафедра МСА	05	70	28

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	Лабораторный комплекс для изучения и исследования силовых преобразователей	4	Оперативное управление	05

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1		
2		
3		
4		