



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Лысьвенский филиал
Кафедра естественнонаучных дисциплин



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
др. техн. наук
Н.В. Лобов
«16» 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ «СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа прикладного бакалавриата

Направление	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника		
Профиль подготовки:	Электропривод и автоматика		
Квалификация (степень) выпускника:	Бакалавр		
Выпускающая кафедра:	Естественнонаучных дисциплин		
Форма обучения:	Очная, очно-заочная, заочная		
Курс: 3	Семестр: 6		
Трудоёмкость:			
Кредитов по рабочему учебному плану:	5	3Е	
Часов по рабочему учебному плану:	180	ч	
Виды контроля:			
Экзамен:	6	Зачёт:	нет
Курсовой проект:	нет	Курсовая работа:	нет

Лысьва, 2016

Рабочая программа дисциплины «СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА» разработана на основании:

– федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, уровень высшего образования – бакалавриат, направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «03» сентября 2015 г. № 955;

– компетентностной модели (КМ) выпускника ОПОП по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль Электропривод и автоматика, утверждённой «28» апреля 2016 г.

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


Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин Математика, Физика, Химия, Экология, Электротехническое и конструкционное материаловедение, Общая энергетика, Электрические машины, Теоретическая механика, Силовая электроника, Математические методы в электротехнике и электроэнергетике, Теория автоматического управления, Электрические и компьютерные измерения, Научно-исследовательская работа студентов, Управление качеством, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик: доц.  И.В. Сошин


Рецензент доц.  В.Г. Лопатин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Естественных дисциплин «14» сентября 2016 г., протокол № 2.

Заведующий кафедрой,
канд. физ.-мат. наук, доц.  И.Т. Мухаметьянов

Заместитель заведующего кафедрой, по направлению
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  В.Г. Лопатин

Согласовано:

Начальник управления образовательных программ ПНИПУ,
канд. техн. наук, доц.  Д.С. Репецкий

Заместитель директора по УР
ЛФ ПНИПУ,
канд. пед. наук  Н.Н. Третьякова

1 Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – освоение дисциплинарных компетенций по осуществлению анализа, расчета выбора систем электрического привода производственных механизмов, используемых в автоматизированных системах управления технологическими процессами в энергетике и промышленности, и на основе этого обеспечение подготовки бакалавров, способных самостоятельно и творчески решать задачи проектирования, исследования, наладки и эксплуатации современных электромеханических систем промышленных установок в любых отраслях народного хозяйства.

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 учебной дисциплины:

- Изучение схемотехники и принципов работы систем на основе силовых полупроводниковых приборов;
- Формирование умений по выбору силовых полупроводниковых приборов и их расчету;
- Формирование умений по выбору силовых полупроводниковых преобразователей и их расчету;
- формирование навыков использования теоретических и практических материалов по полупроводниковым выпрямителям и инверторам с целью проектирования, монтажа и наладки систем питания промышленных установок и электропривода;

1.3 Предметом изучения освоения дисциплины являются следующие объекты:

- устройства силовой электроники;
- силовые полупроводниковые приборы;
- физические явления, происходящие в полупроводниковых приборах и преобразователях;
- методы проектирования и моделирования полупроводниковых преобразователей;

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Силовая электроника» относится к базовым дисциплинам Блока 1 (Б1).

Дисциплины (модули).

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 конструирование и материаловедение Общая энергетика Электрические машины Математические методы в электротехнике и электроэнергетике Планирование научного эксперимента	Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) 7, 8
		Теория автоматического управления Электрический привод Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) 6	
ОПК-3	Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	Теоретические основы электротехники Электроника Диагностика и надежность электротехнических и электроэнергетических систем Электрические и компьютерные измерения Основы электроснабжения	

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

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить часть указанной в пункте 1.1 компетенции и продемонстрировать следующие планируемые результаты обучения:

• знать:

- назначение, характеристики и принципы функционирования, особенности конструкции полупроводниковых приборов;
- назначение, элементную базу, характеристики и принципы функционирования устройств силовой электроники;
- схемотехнические решения полупроводниковых преобразователей;
- методы проектирования, испытания и моделирования полупроводниковых преобразователей для промышленного оборудования;

• уметь:

- применять инженерные методы расчета и выбора элементов, входящих в состав устройства силовой электроники;
- производить выбор преобразователей для электропривода и других промышленных установок.;
- производить разработку силового полупроводникового преобразователя в соответствии с техническим заданием;
- использовать стандартные средства проектирования и моделирования

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-3.Б1.Б.18.	Способность рассчитывать режимы работы устройств силовой электроники, определять состав необходимого оборудования и его параметры для решения профессиональных задач, производить разработку электрических схем с использованием комплектного оборудования на основе выбранной элементной базы

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – назначение, элементную базу, характеристики и принципы функционирования устройств силовой электроники; – схемотехнические решения основных узлов силовой электроники; – методы управления регулируемыми устройствами силовой электроники.	Лекции. СРС.	Вопросы к экзамену Тестовые вопросы для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: – применять инженерные методы расчета и выбора отдельных элементов, входящих в состав разрабатываемой устройств силовой электроники - производить разработку электрических схем на основе комплектных промышленных устройств	Практические занятия; Лабораторные занятия	Отчёты по практическим занятиям Отчёты по лабораторным работам. ОКП.

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 силовой электроники.

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
1	2	3
Знает: – параметры и методы математического описания устройств силовой электроники; – способы моделирования устройств силовой электроники	Лекции. СРС.	Вопросы к экзамену Тестовые вопросы для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: – выполнять выбор математической модели устройства силовой электроники и ее анализ.	Практические занятия; Лабораторные занятия	Отчёты по практическим занятиям Отчёты по лабораторным работам. ОКП.

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы
3.1 Структура и модульное содержание учебной дисциплины по видам и формам учебной работы
 Таблица 3.1 Очная форма обучения

Номер учебного модуля	Номер и наименование дисциплины	Номер и наименование темы дисциплины	Количество часов										Трудоёмкость, всего		
			Аудиторная работа					КСР	Аттеста-ция	СР	час.				
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	З.е.								
Мод. 1	Раздел 1. Элементная база устройств силовой электроники	Введение	0,25	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25		
		Тема 1. Силовые полупроводниковые приборы	4,25	0,25	-	4	-	-	-	8	-	-	12,25		
		Тема 2. Параметры силовых полупроводниковых приборов	0,75	0,5	0,25	-	-	-	-	1,5	-	-	2,25		
		Тема 3. Выпрямители	6,75	0,5	0,25	6	-	-	-	13,5	-	-	20,25		
		Тема 4. Коммутация токов в фазах питающего трансформатора	1	1	-	-	-	-	-	2	-	-	3		
		Тема 5. Инверторный режим работы тиристорного преобразователя	1	0,5	0,5	-	-	-	-	2	-	-	3		
		Тема 6. Трёхфазный мостовой тиристорный преобразователь	1,5	1	0,5	-	-	-	-	6,5	-	-	8		
		Тема 7. Энергетические характеристики тиристорного электропривода постоянного тока	1	1	-	-	-	-	-	3	-	-	4		
		Итого по модулю:										2		2	
					16,5	5	1,5	10	2	36,5	55	1,53			
		Мод. 2	Раздел 3. Системы управления преобразовательными устройствами	Тема 8. Требования к параметрам управляющих импульсов	0,5	0,25	0,25	-	-	-	1,5	-	-	2	
Тема 9. Система импульсно-фазового управления. Классификация и принципы построения.	2,25			2	0,25	-	-	-	3	-	-	5,25			
Тема 10. Основные узлы многоканальной системы импульсно-фазового управления.	7,5			1	0,5	6	-	-	-	16	-	23,5			
Тема 11. Бесконтактные реверсивные схемы с двухкомплектными тиристорными преобразова-	0,75			0,75	-	-	-	-	-	2,5	-	3,25			

Таблица 3.2 Очно-заочная форма обучения

Номер учебного модуля	Номер и наименование дисциплины	Номер и наименование темы дисциплины	Количество часов										Трудоёмкость, всего		
			Аудиторная работа					КСР	Аттеста- тип	СР	час.	з.е.			
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	ЛР								
Мод. 1	Раздел 1. Элементная база устройств силовой электроники	Введение	0,25	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	
		Тема 1. Силовые полупроводниковые приборы	2,25	0,25	-	2	-	-	-	-	10	-	-	12,25	-
		Тема 2. Параметры силовых полупроводниковых приборов	0,75	0,5	0,25	-	-	-	-	-	1,5	-	-	2,25	-
		Тема 3. Выпрямители	6,75	0,5	0,25	6	-	-	-	-	13,5	-	-	20,25	-
		Тема 4. Коммутация токов в фазах питающего трансформатора	1	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	3	-
		Тема 5. Инверторный режим работы тиристорного преобразователя	1	0,5	0,5	-	-	-	-	-	2	-	-	3	-
		Тема 6. Трёхфазный мостовой тиристорный преобразователь	1,5	1	0,5	-	-	-	-	-	6,5	-	-	8	-
Мод. 2	Раздел 3. Системы управления преобразовательными устройствами	Тема 7. Энергетические характеристики тиристорного электропривода постоянного тока	1	1	-	-	-	-	-	3	-	-	4	-	
		Итого по модулю:	14,5	5	1,5	8	2	2	2	38,5	55	1,53			
		Тема 8. Требования к параметрам управляющих импульсов	0,5	0,25	0,25	-	-	-	-	-	4	-	-	4,5	-
		Тема 9. Система импульсно-фазового управления. Классификация и принципы построения.	1,75	1,5	0,25	-	-	-	-	-	6	-	-	7,75	-
		Тема 10. Основные узлы многоканальной системы импульсно-фазового управления.	7,5	1	0,5	6	-	-	-	-	20	-	-	27,5	-
		Тема 11. Бесконтактные реверсивные схемы с двухкомплектными тиристорными преобразователями.	0,75	0,75	-	-	-	-	-	-	5,5	-	-	6,25	-
		Тема 12. Системы с совместным и с раздельным	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	5,5	-	-	6	-

		управлением комплектами вентилялей реверсивного тиристорного преобразователя											
		Итого по модулю:											
		11	4	1	6	1	6	1	1	1	53	1	1,47
Мод. 3	Раздел 5. Преобразователи постоянного тока	1	0,5	0,5	—	—	—	—	—	—	5	—	
	Тема 13. Виды преобразователей постоянного тока										4		
	Тема 14. Широтно-импульсные преобразователи для управления двигателями постоянного тока	0,75	0,5	0,25	—	—	—	—	—	—	11,5	—	
	Раздел 6. Преобразователи переменного напряжения. Преобразователи частоты	2,25	2	0,25	—	—	—	—	—	—	9	—	
	Тема 15. Схемы преобразователей переменного напряжения. Классификация преобразователей частоты.												
	Тема 16. Преобразователи частот с непосредственной связью нагрузки с сетью	2	1,5	0,5	—	—	—	—	—	—	6,5	—	
	Тема 17. Внешние и внутренние аварии тиристорных преобразователей.	0,5	0,5	—	—	—	—	—	—	—	3	—	
Заключение													
		6,5	5	1,5	0	1	1	1	1	28,5	36	1	1
Итого по модулю:													
Итоговая аттестация		32	14	4	14	4	14	4	36	108	180	5	5

Таблица 3.3 Очно-заочная форма обучения (АЭП 13-16оз)

Номер учебного модуля	Номер и наименование дисциплины	Номер и наименование темы дисциплины	Количество часов								Трудоёмкость, всего	
			Аудиторная работа					КСР	Аттестация	СР	час.	з.е.
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	ЛР					
Мод. 1	Раздел 1. Элементарная база устройств силовой электроники	Введение	0,25	0,25	-	-	-	-	-	-	0,25	
		Тема 1. Силовые полупроводниковые приборы	2,25	0,25	-	2	-	-	-	10	12,25	
		Тема 2. Параметры силовых полупроводниковых приборов	0,75	0,5	0,25	-	-	-	-	1,5	2,25	
		Тема 3. Выпрямители	4,75	0,5	0,25	4	-	-	-	14,5	19,25	
		Тема 4. Коммутация токов в фазах питающего трансформатора	0,5	0,5	-	-	-	-	-	3	3,5	
		Тема 5. Инверторный режим работы тиристорного преобразователя	1	0,5	0,5	-	-	-	-	3	4	
		Тема 6. Трёхфазный мостовой тиристорный преобразователь	1	0,5	0,5	-	-	-	-	6,5	7,5	
Мод. 2	Раздел 2. Неуправляемые и управляемые выпрямители. Зависимые (ведомые сетью) инверторы	Тема 7. Энергетические характеристики тиристорного электропривода постоянного тока	1	1	-	-	-	-	3	4		
		<i>Итого по модулю:</i>	<i>11,5</i>	<i>4</i>	<i>1,5</i>	<i>6</i>	<i>2</i>	<i>-</i>	<i>41,5</i>	<i>55</i>	<i>1,53</i>	
		Тема 8. Требования к параметрам управляющих импульсов	0,5	0,25	0,25	-	-	-	-	4	4,5	
		Тема 9. Система импульсно-фазового управления. Классификация и принципы построения.	1,25	1	0,25	-	-	-	-	8	9,25	
Мод. 2	Раздел 3. Системы управления преобразовательными устройствами	Тема 10. Основные узлы многоканальной системы импульсно-фазового управления.	5	0,5	0,5	4	-	-	20	25		
		Тема 11. Бесконтактные реверсивные схемы с двухкомплектными тиристорными преобразователями.	0,75	0,75	-	-	-	-	7,5	8,25		
		Тема 12.. Системы с совместным и с раздельным	0,5	0,5	-	-	-	-	4,5	5		

Таблица 3.4 Заочная форма обучения

Номер учебного модуля	Номер и наименование дисциплины	Номер и наименование темы дисциплины	Количество часов										Трудоёмкость, всего	
			Аудиторная работа					КСР	Аттеста- тип	СР	час.	з.е.		
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	ЛР							
Мод. 1	Раздел 1. Элементная база устройств силовой электроники	Введение	0,25	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	
		Тема 1. Силовые полупроводниковые приборы	0,25	0,25	-	-	-	-	3				3,25	
		Тема 2. Параметры силовых полупроводниковых приборов	0,5	0,25	0,25	-	-	-	6				6,5	
		Тема 3. Выпрямители	2,5	0,25	0,25	2	-	-	14,25				16,75	
		Тема 4. Коммутация токов в фазах питающего трансформатора	0,25	0,25	-	-	-	-	3				3,25	
		Тема 5. Инверторный режим работы тиристорного преобразователя	1	0,5	0,5	-	-	-	8				9	
		Тема 6. Трёхфазный мостовой тиристорный преобразователь	2	0,5	1,5	-	-	-	8				10	
Мод. 2	Раздел 2. Неуправляемые и управляемые выпрямители. Зависимые (ведомые сетью) инверторы	Тема 7. Энергетические характеристики тиристорного электропривода постоянного тока	0,5	0,5	-	-	-	5				5,5		
		Итого по модулю:	7,25	2,75	2,5	2	0,5	47,25				55	1,53	
		Тема 8. Требования к параметрам управляющих импульсов	0,75	0,25	0,5	-	-	-	7				7,75	
		Тема 9. Система импульсно-фазового управления. Классификация и принципы построения.	0,75	0,25	0,5	-	-	-	7,75				8,5	
		Тема 10. Основные узлы многоканальной системы импульсно-фазового управления.	5,25	0,25	1	4	-	-	20				25,25	
		Тема 11. Бесконтактные реверсивные схемы с двухкомплектными тиристорными преобразователями.	0,25	0,25	-	-	-	-	5				5,25	
		Тема 12. Системы с совместным и с разделным	0,25	0,25	-	-	-	-	5				5,25	

3.2 Перечень тем практических занятий

Таблица 3.5 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практических занятий
1.	2,3	Решение задач по разделу «Неуправляемые и управляемые выпрямители»
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 частоты»

3.3 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 3.6 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1.	1	Исследование работы силовых полупроводниковых приборов
2.	3	Исследование работы однофазного тиристорного преобразователя
3.	10	Исследование системы импульсно-фазового управления (СИФУ) тиристорным преобразователем постоянного тока
4.	12	Исследование узла нелинейного токоограничения
5.	14	Исследование характеристик широтно-импульсного преобразователя на IGBT-модулях

4. Методические указания по изучению дисциплины

Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра.

При изучении дисциплины «Силовая электроника» студентам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

- изучение курса должно проводиться систематически и сопровождаться составлением подробного конспекта; в конспект рекомендуется включать все виды учебной работы: лекции, самостоятельную проработку учебников и рекомендуемых источников;

- после изучения очередного раздела по учебнику или конспекту лекций рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия, формулы, теоремы;

- особое внимание следует уделить выполнению лабораторных работ, поскольку это способствует лучшему пониманию и закреплению теоретических знаний; перед выполнением лабораторной работы и при составлении отчёта рекомендуется изучить необходимый теоретический материал. Серьёзное внимание следует уделить выполнению курсового проекта;

- вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задаётся преподавателем на лекциях, практических и лабораторных занятиях, им же даются источники для более детального понимания озвученных вопросов.

4.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.1 Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Таблица 2.1. – Виды самостоятельной работы студентов очной формы обучения

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	Изучение теоретического материала	1,5
	Подготовка к лабораторным занятиям	6,5
2	Изучение теоретического материала	1,0
	Подготовка к практическим занятиям	0,5
3	Изучение теоретического материала	4,0
	Подготовка к практическим занятиям	1,5
	Подготовка к лабораторным занятиям	8,0
4	Изучение теоретического материала	2,0
5	Изучение теоретического материала	1,0
	Подготовка к практическим занятиям	1,0
6	Изучение теоретического материала	3,0
	Подготовка к практическим занятиям	3,5
7	Изучение теоретического материала	1,5
	Подготовка к лабораторным занятиям	1,5
8	Изучение теоретического материала	0,5
	Подготовка к практическим занятиям	1,0
9	Изучение теоретического материала	2,0
	Подготовка к практическим занятиям	1,0
10	Изучение теоретического материала	3,5
	Подготовка к практическим занятиям	1,5
	Подготовка к лабораторным занятиям	11,0
11	Изучение теоретического материала	2,5
12	Изучение теоретического материала	2,5
	Подготовка к лабораторным занятиям	7,0
13	Изучение теоретического материала	2,0
	Подготовка к практическим занятиям	2,0
14	Изучение теоретического материала	3,5
	Подготовка к практическим занятиям	1,0
	Подготовка к лабораторным занятиям	6,25
15	Изучение теоретического материала	4,0
	Подготовка к практическим занятиям	2,25
16	Изучение теоретического материала	2,0
	Подготовка к практическим занятиям	2,0
17	Изучение теоретического материала	2,0
	Итого:	
	в ч / в ЗЕ	96,0 / 2,6

4.1.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1. Силовые полупроводниковые приборы (СПП).

Тема 2. Динамические параметры тиристорov.

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

4.1.2 Темы расчётно-графических работ по тематике практических занятий

Не предусмотрены.

4.1.3 Курсовой проект

Курсовой проект не предусмотрен

4.2 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.

При проведении 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 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.

5. Фонд оценочных средств дисциплины

5.1. Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в следующих формах:

- Опрос для анализа усвоения материала лекций;
- контрольные работы;
- Проверка выполнения и защита индивидуальных заданий по лабораторным работам (модуль 1, 3);
- Проверка выполнения и защита курсового проекта.

5.2 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

5.2.1 Зачёт

Не предусмотрен.

5.2.2 Экзамен

5.2.2.1 Порядок проведения экзамена

Экзамен по дисциплине «Силовая электроника» проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одну задачу. Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов аттестаций и сдачи лабораторных и практических работ.

Оценка «отлично» ставится при правильном решении задачи, подробных ответах на теоретические вопросы и правильных ответах на два-три дополнительных вопроса.

Оценка «хорошо» ставится при правильном решении задачи и ответах с замечаниями на теоретические вопросы.

Оценка «удовлетворительно» ставится при правильном решении задачи и правильном ответе на один из теоретических вопросов.

В остальных случаях ставится оценка «неудовлетворительно».

5.2.2.2 Программа экзамена

Элементная база устройств силовой электроники. Элементная база устройств силовой электроники.

Особенности и классификация СПП. Свойства и характеристики силовых вентиляей (диодов, транзисторов, тиристоров). Системы параметров СШ. Пре-

дельные и характеризующие параметры. Статические и динамические параметры.

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

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.

Коммутация токов в фазах питающего трансформатора.

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

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.

Трехфазный мостовой ТП.

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

Энергетические характеристики тиристорного электропривода постоянного тока.

КПД тиристорного преобразователя. Коэффициент мощности тиристорного электропривода постоянного тока. Влияние работы тиристорного электро-

привода на питающую сеть. Способы улучшения коэффициента мощности тиристорных преобразователей.

Системы управления преобразовательными устройствами.

Требования к параметрам управляющих (включающих) импульсов.

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

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

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

Основные узлы многоканальной СИФУ.

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

Способы реверса вентильного АЭП постоянного тока.

Бесконтактные реверсивные схемы с двухкомплектными ТП.

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

Системы с совместным и с отдельным управлением комплектами вентиля 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).

Преобразователи постоянного тока.

Виды преобразователей постоянного тока.

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

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

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

Преобразователи переменного напряжения. Преобразователи частоты (ПЧ).

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

ПЧ с непосредственной связью нагрузки с сетью.

Схема и диаграмма напряжения непосредственных преобразователей частоты.

Аварийные режимы работы ТП.

Внешние и внутренние аварии ТП.

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

5.2.2.3 Контрольно-измерительные материалы

Вопросы к экзамену:

1. Место силовых преобразователей в автоматизированном электроприводе. Классификация силовых преобразователей.
2. Силовые полупроводниковые приборы: достоинства, классификация.
3. Силовые неуправляемые вентили, вольтамперные характеристики, параметры.
4. Силовые транзисторы, вольтамперные характеристики.

5. Силовые тиристоры.
6. Системы параметров силовых полупроводниковых приборов. Примеры этих параметров.
7. Выпрямители, влияние вида нагрузки на процессы выпрямления.
8. Схемы выпрямления переменного напряжения. Форма выпрямленного напряжения. Особенности этих схем.
9. Работа трехфазного нулевого выпрямителя на неуправляемых вентилях при мгновенной коммутации. Значение выпрямленной ЭДС: $E_{d0} = f(U_2, m_n)$.
10. Токи вторичных и первичных обмоток питающего трансформатора для трехфазной нулевой схемы выпрямления.
11. Рабочие процессы в тиристорном преобразователе при мгновенной коммутации. Зависимость $E_d = f(U_2, \alpha)$. Регулировочные характеристики.
12. Коммутация токов в фазах питающего трансформатора тиристорного преобразователя при переключении вентилях.
13. Величина мгновенного напряжения на нагрузке в зоне коммутации токов. Средняя величина падения напряжения в ТП, связанная с коммутацией (ΔU_k)
14. Внешние характеристики ТП при непрерывном и прерывистом токе в нагрузке.
15. Обращение потока мощности в электромашиной системе электропривода и в системе ТП-Д.
16. Особенности инверторного режима работы ТП. Понятие «опрокидывание» инвертора. Ограничение угла β .
17. Особенности работы выпрямителя по мостовой схеме Ларионова. Полууправляемый выпрямитель по мостовой схеме.
18. Принцип построения эквивалентных многофазных схем. Способы реализации фазового сдвига при построении эквивалентных многофазных схем.
19. Требования, предъявляемые к параметрам управляющих импульсов ТП.
20. Классификация СИФУ. Функциональная схема канала СИФУ. Назначение отдельных элементов.
21. Вертикальный, горизонтальный и интегральный принципы фазосмещения в СИФУ ТП. Способ обеспечения линейной зависимости $U_d = f(U_y)$.
22. Основные узлы СИФУ. Принципы их функционирования.
23. Способы реверса вентильных электроприводов. Бесконтактные реверсивные схемы ТП. Принципы управления вентильными реверсивными группами.
24. Совместное управление комплектами реверсивных ТП. Природа уравнивающих токов.
25. Согласование статических характеристик реверсивных групп.

26. Одноканальные и двухканальные системы регулирования тока при совместном управлении реверсивными ТП.
27. Раздельное управление реверсивными группами. Автоматический выбор работающей группы в зависимости от знака ошибки регулирования.
28. Системы самонастройки (сканирующей логики) при раздельном управлении ТПР.
29. Переходные процессы в реверсивных ТП.
30. Энергетические характеристики вентильного электропривода. КПД и коэффициент мощности.
31. Влияние работы вентильного электропривода на питающую сеть.
32. Способы увеличения коэффициента мощности.
33. Преобразователи постоянного тока.
34. Принципы импульсного регулирования постоянного напряжения.
35. Принципы действия некоторых тиристорных ключей импульсных преобразователей.
36. Схема ШИП для управления ДПТ по цепи якоря. Симметричный, несимметричный и поочередный способы управления ШИП.
37. Преобразователи частоты. Классификация. Автономный инвертор.
38. Двухзвенные ПЧ. Этапы развития двухзвенных ПЧ.
39. Обратимые преобразователи напряжения.
40. ПЧ с непосредственной связью нагрузки с сетью.
41. Аварийные режимы работы ТП. Защита ТП от аварийных токов.
42. Аварийные режимы работы ТП. Защита ТП от перенапряжений.

Пример экзаменационного билета

Министерство
образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра ЕН
Направление «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника»

Дисциплина Электрический привод
Зав кафедрой _____ И.Т. Мухаметьянов
« 13 » января 2017 г.

Экзаменационный билет №1

1. Вертикальный, горизонтальный и интегральный принципы фазосмещения в СИФУ ТП. Способ обеспечения линейной зависимости $U_d = f(U_y)$..

2. Аварийные режимы работы ТП. Защита ТП от перенапряжений..

Преподаватель:.....

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

6.1 Карта обеспеченности учебно-методической литературой дисциплины

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Направление	Семестры	Кол-во студентов	Библиографическое описание издания (автор, заглавие, вид, место, изд-во, год издания, кол-во страниц)	Количество экземпляров в библиотеке	Основной лектор
13.03.02	6		<p>Основная литература</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. О.А. Билоус, А. П. Иванов Электронные преобразовательные устройства Учебное пособие – Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010 .– 212 с.; Режим доступа: http://elib.pstu.ru/docview/?id=486.pdf , СВОБОДНЫЙ 2. О.З. Попков Основы преобразовательной техники Учебное пособие – М.: изд-во МЭИ, 2010. – 200с.; 3. Зиновьев, Г. С. Силовая электроника [Текст] : учебное пособие для бакалавров / Г.С.Зиновьев. - 6-е изд., исправл. и доп. - М. : Юрайт, 2014. - 667 с. : ил. - (Бакалавр. Углубленный курс). <p>Дополнительная литература</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Преобразовательная техника: Конспект лекций / А.П. Иванов. – Пермь, 2003. – 112 с. 2. В.И. Мелешин Транзисторная преобразовательная техника Монография - М.: Техносфера, 2005. – 632 с 3. Ю. К. Розанов, Е. М. Соколова Электронные устройства электромеханических систем Учебное пособие – М.: Академия, 2006. – 272с 4. Электротехника: уч. пособие для вузов. Кн. 2. Электрические машины. Промышленная электроника. Теория автоматизированного управления. – 2004. – 710 с. 	ЭБ 5	Лопатин В.Г.

СОГЛАСОВАНО:

Зав. отделом научной библиотеки

Книгообеспеченность дисциплины составляет:

- основной учебной литературой:

- дополнительной учебной литературой:

Отдел научной библиотеки
Лысьвенского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Пермский национальный исследовательский политехнический университет"

И.А. Малофеева

на 01.09.2016 - более 1 экз/обуч.
(число, месяц, год) (экз. на 1 обучаемого)

на 01.09.2016 - более 1 экз/обуч.
(число, месяц, год) (экз. на 1 обучаемого)

6.2 Компьютерные обучающие и контролирующие программы

Не предусмотрены.

6.3 Аудио- и видео-пособия

Не предусмотрены.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

7.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 7.1 Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Лаборатория силового электрооборудования	Кафедра ЕН	203	107,5	42
2	Лаборатория электроники, схемотехники и микропроцессорной техники	Кафедра ЕН	109	68	30

7.2 Основное учебное оборудование

Таблица 7.2 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	Стенд «Электропривод»	2	Оперативное управление	203
2	Стенд «Автоматизированное управление электроприводом»	1	Оперативное управление	203
3	Стенд «СМВС-1»	1	Оперативное управление	203
4	ЛКЭ-6 Лабораторный комплекс	3	Оперативное управление	109



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

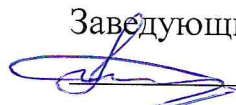
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Лысьвенский филиал
Кафедра естественнонаучных дисциплин

УТВЕРЖДЕНО

на заседании кафедры ЕН
протокол № 2 от 14.09. 2016

Заведующий кафедрой

 И. Т. Мухаметьянов

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Силовая электроника»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Приложение к рабочей программе дисциплины

Программа академического бакалавриата

Направление

13.03.02 Электроэнергетика и
электротехника

Профиль подготовки:

Электропривод и автоматика

Квалификация (степень) выпускника:

Бакалавр

Выпускающая кафедра:

Естественнонаучных дисциплин

Форма обучения:

Очная, очно-заочная, заочная

Курс: 3

Семестр(ы): 6

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

5 3Е

Часов по рабочему учебному плану:

180 ч

Виды контроля:

Экзамен:	6	Зачёт:	нет	Курсовой проект:	нет	Курсовая работа:	нет
----------	---	--------	-----	------------------	-----	------------------	-----

Лысьва, 2016

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «**Силовая электроника**» и разработан на основании:

- положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ, утвержденного «29» апреля 2014 г.;
- приказа ПНИПУ от 03.12.2015 № 3363-В «О введении структуры ФОС»;
- рабочей программы дисциплины «**Силовая электроника**», утвержденной «16» сентября 2016 г.

1 Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

- 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).

1.1 Формируемые части компетенций

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина **Б1.ДВ.07.2 «Микропроцессорные средства и системы»** участвует в формировании 2-х компетенций: ОПК-2, ОПК-3. В рамках учебного плана образовательной программы в 7-м семестре на этапе освоения данной учебной дисциплины формируются следующие дисциплинарные части компетенций:

- **ОПК-2.Б1.Б.18.** Способность рассчитывать режимы работы устройств силовой электроники, определять состав необходимого оборудования и его параметры для решения профессиональных задач, производить разработку электрических схем с использованием комплектного оборудования на основе выбранной элементной базы;
- **ОПК-3.Б1.Б.18.** Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей силовой электроники.

1.2 Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра базового учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать и уметь*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний и усвоенных умений осуществляется в рамках текущего контроля при изучении теоретического материала, промежуточного – при защите отчетов по практическим занятиям (контрольным работам), лабораторным работам и индивидуальным заданиям на самостоятельную работу по мо-

дулям дисциплины, а также итогового при проведении экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий и промежуточный			Итоговый
	ОЗ	ОПЗ	ОЛР	Э
Усвоенные знания				
– назначение, элементную базу, характеристики и принципы функционирования устройств силовой электроники (ОПК-2)	ТО-1, 2,3,6,7,13, 14,15,16,17			ТВ
- схемотехнические решения основных узлов силовой электроники (ОПК-2);	ТО- 1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10,11,12, 13,14,15,16			ТВ
– методы управления регулируемыми устройствами силовой электроники (ОПК-2);	ТО- 8,9,10,11,12			ТВ
– параметры и методы математического описания устройств силовой электроники (ОПК-3)	ТО- 5,6,7,11,13, 14,16			ТВ
- способы моделирования устройств силовой электроники (ОПК-3)	ТО- 3,4,5,6,7,8,9, 10,11,12,13			ТВ
Освоенные умения				
– применять инженерные методы расчёта и выбора отдельных элементов, входящих в состав разрабатываемых устройств силовой электроники (ОПК-2)		+	+	ПЗ
– производить разработку электрических схем на основе комплектных промышленных устройств (ОПК-2)		+	+	ПЗ
- выполнять выбор математической модели устройства силовой электроники и ее анализ (ОПК-3)		+	+	ПЗ

ОЗ – опрос знаний (коллоквиум); ОПЗ – отчёт по практическому занятию (контрольная работа); ОЛР – отчёт по лабораторной работе; ОИЗМ – отчёт по индивидуальному заданию по модулю; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является аттестация в виде экзамена, проводимого с учётом результатов текущего и промежуточного контроля, по билетам (с проведением аттестационного испытания).

2 Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

2.1. Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в следующих формах:

- Опрос для анализа усвоения материала лекций;

- Проверка выполнения и защита индивидуальных заданий по лабораторным работам (модуль 1, 3);
- Проверка выполнения и защита курсового проекта.

2.1.1 Защита отчётов по лабораторным работам

Всего запланировано 4 лабораторных работ продолжительностью 4 академических часа. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита отчётов по лабораторным работам проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкалы и критерии оценки лабораторных работ приведены в общей части ФОС программы бакалавриата.

2.1.2 Защита курсовой работы

Курсовая работа не предусмотрена

2.2 Итоговая аттестация

Допуск к итоговой аттестации осуществляется по результатам текущего и промежуточного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех отчётов по лабораторным работам, положительные оценки за устные и письменные ответы по отдельным темам и по модулям дисциплины и положительная интегральная оценка по результатам текущего и промежуточного контроля.

Итоговая аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и комплексные практические задания (КПЗ) для контроля уровня приобретенных умений всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций.

2.2.1. Типовые вопросы и задания к экзамену

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Место силовых преобразователей в автоматизированном электроприводе. Классификация силовых преобразователей.
2. Силовые полупроводниковые приборы: достоинства, классификация.
3. Силовые неуправляемые вентили, вольтамперные характеристики, параметры.
4. Силовые транзисторы, вольтамперные характеристики.
5. Силовые тиристоры.
6. Системы параметров силовых полупроводниковых приборов. Примеры этих параметров.
7. Выпрямители, влияние вида нагрузки на процессы выпрямления.
8. Схемы выпрямления переменного напряжения. Форма выпрямленного напряжения. Особенности этих схем.

9. Работа трехфазного нулевого выпрямителя на неуправляемых вентилях при мгновенной коммутации. Значение выпрямленной ЭДС: $E_{d0} = f(U_2, m_n)$.
10. Токи вторичных и первичных обмоток питающего трансформатора для трехфазной нулевой схемы выпрямления.
11. Рабочие процессы в тиристорном преобразователе при мгновенной коммутации. Зависимость $E_d = f(U_2, \alpha)$. Регулировочные характеристики.
12. Коммутация токов в фазах питающего трансформатора тиристорного преобразователя при переключении вентилях.
13. Величина мгновенного напряжения на нагрузке в зоне коммутации токов. Средняя величина падения напряжения в ТП, связанная с коммутацией (ΔU_k)
14. Внешние характеристики ТП при непрерывном и прерывистом токе в нагрузке.
15. Обращение потока мощности в электромашиной системе электропривода и в системе ТП-Д.
16. Особенности инверторного режима работы ТП. Понятие «опрокидывание» инвертора. Ограничение угла β .
17. Особенности работы выпрямителя по мостовой схеме Ларионова. Полууправляемый выпрямитель по мостовой схеме.
18. Принцип построения эквивалентных многофазных схем. Способы реализации фазового сдвига при построении эквивалентных многофазных схем.
19. Требования, предъявляемые к параметрам управляющих импульсов ТП.
20. Классификация СИФУ. Функциональная схема канала СИФУ. Назначение отдельных элементов.
21. Вертикальный, горизонтальный и интегральный принципы фазосмещения в СИФУ ТП. Способ обеспечения линейной зависимости $U_d = f(U_y)$.
22. Основные узлы СИФУ. Принципы их функционирования.
23. Способы реверса вентильных электроприводов. Бесконтактные реверсивные схемы ТП. Принципы управления вентильными реверсивными группами.
24. Совместное управление комплектами реверсивных ТП. Природа уравнительных токов.
25. Согласование статических характеристик реверсивных групп.
26. Одноканальные и двухканальные системы регулирования тока при совместном управлении реверсивными ТП.
27. Раздельное управление реверсивными группами. Автоматический выбор работающей группы в зависимости от знака ошибки регулирования.
28. Системы самонастройки (сканирующей логики) при раздельном управлении ТПР.
29. Переходные процессы в реверсивных ТП.
30. Энергетические характеристики вентильного электропривода. КПД и коэффициент мощности.
31. Влияние работы вентильного электропривода на питающую сеть.
32. Способы увеличения коэффициента мощности.
33. Преобразователи постоянного тока.
34. Принципы импульсного регулирования постоянного напряжения.

35. Принципы действия некоторых тиристорных ключей импульсных преобразователей.
36. Схема ШИП для управления ДПТ по цепи якоря. Симметричный, несимметричный и поочередный способы управления ШИП.
37. Преобразователи частоты. Классификация. Автономный инвертор.
38. Двухзвенные ПЧ. Этапы развития двухзвенных ПЧ.
39. Обратимые преобразователи напряжения.
40. ПЧ с непосредственной связью нагрузки с сетью.
41. Аварийные режимы работы ТП. Защита ТП от аварийных токов.
42. Аварийные режимы работы ТП. Защита ТП от перенапряжений.

2.2.2. Типовые комплексные практические задания (КПЗ) для экзамена по дисциплине

Комплексные практические задания предлагаются на основании выполненных индивидуальных заданий по модулям дисциплины и лабораторных работ, в том числе следующие:

1. Задание. Произвести расчёт параметров полупроводниковых вентиляей для однофазной мостовой схемы выпрямления, если мощность нагрузки составляет 1 кВт.
2. Задание. Произвести расчёт параметров полупроводниковых вентиляей для трехфазной мостовой схемы выпрямления, если мощность нагрузки составляет 17 кВт.
3. Задание. Рассчитать допустимую мощность нагрузки для трехфазной мостовой схемы выпрямления при использовании неуправляемых вентиляей T25-10.
4. Задание. По какой схеме необходимо выполнить выпрямитель с $U_{d0} = 500$ В и $R_d = 50$ Ом? Какова будет типовая мощность трансформатора при $X_d = 0$?
5. Задание. Рассчитать параметры диодов в однофазной мостовой бестрансформаторной схеме выпрямления при $X_d = 0$ и $R_d = 100$ Ом.

Полный перечень вопросов и заданий хранится на выпускающей кафедре.

2.2.3. Шкалы оценивания результатов обучения при экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать и уметь* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать и уметь* приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и дисциплинарных компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.


3.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учётом результатов текущего и промежуточного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.




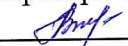
Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

При формировании итоговой оценки итоговой аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС бакалаврской программы.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменений	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	Считать целесообразным применение данного элемента УМКД в 2018-2019 уч. году, в связи с этим на титульном листе строку «Лысьва 2017» изложить в следующей редакции « Лысьва 2018 »	<p style="text-align: center;">«31» августа 2018 г., протокол № 1</p> <p style="text-align: center;">Доцент с и.о. зав. каф. ЕН</p> <p style="text-align: center;"> / Е.Н. Хаматнурова</p>
2	Исходя из содержания Указа Президента Российской Федерации от 15 мая 2018 г., №215 «О структуре федеральных органов исполнительной власти», на титульном листе строку «Министерство образования и науки Российской Федерации», заменить словами « Министерство науки и высшего образования Российской Федерации »	
3	На основании приказа от 29.06.2019 №209 «О реорганизации в форме слияния кафедры ГСЭ и кафедры ЕН», на листах 1 и 2 фрагменты «естественнонаучных дисциплин», заменить словами « общенаучных дисциплин »	

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменений	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	Считать целесообразным применение данного элемента УМКД в 2019-2020 уч. году, в связи с этим на титульном листе строку «Лысьва, 2018» заменить словами « Лысьва, 2019 »	28.08.2019, протокол №1 Доцент с и.о. зав. каф. ОНД  / Е. Н. Хаматнурова Секретарь заседания кафедры ОНД  / Л.Г. Вилькова
2	В разделе 6 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, в подразделе 6.1 Карта обеспеченности дисциплины Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для изучения дисциплины, заменить на новый	28.08.2019, протокол №1 Доцент с и.о. зав. каф. ОНД  / Е. Н. Хаматнурова Секретарь заседания кафедры ОНД  / Л.Г. Вилькова

6.1. Карта обеспеченности учебно-методической литературой дисциплины «Силовая электроника»
Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Направление	Семестры	Кол-во студентов	Библиографическое описание издания (автор, заглавие, вид, место, изд-во, год издания, кол-во страниц)	Количество экземпляров в библиотеке	Основной лектор
13.03.02	5 8 7	15 10 9	<p align="center">Основная литература</p> <p>1.Зиновьев, Г. С. Силовая электроника [Текст] : учебное пособие для бакалавров / Г.С.Зиновьев. - 6-е изд., исправл. и доп. - М. : Юрайт, 2014. - 667 с. : ил. - (Бакалавр. Углубленный курс).</p> <p>2.О.А. Билоус, А. П. Иванов Электронные преобразовательные устройства Учебное пособие – Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010 .– 212 с.; Режим доступа: http://elib.pstu.ru/docview/?id=486.pdf , свободный</p> <p>3.Фролов В.Я., Смородинов В.В. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab-Simulink Издательство " учеб. пособие 2-е изд, стер. СПб Издательство Лань",2018 .- 332 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/106890. свободный</p> <p align="center">Дополнительная литература</p> <p>1.Герман-Галкин С.Г. Силовая электроника : лабораторные работы на ПК / С.Г. Герман-Галкин. - СПб. : КРОНА-принт, 2002. - 304 с.</p> <p>2. С.Рама Редди Основы силовой электроники Москва: Техносфера,22056.- 288 с.</p> <p>3.Силовая электроника: Примеры и расчёты/Ф.Чаки, И.Герман, И.Ипшич и др. Пер. с англ.- М.: Энергоиздат,1982.- 384 с., ил.</p> <p>4. Розанов, Ю.К. Электронные устройства электромеханических систем : учеб. пособие для вузов / Ю.К. Розанов, Е.М. Соколова. - М. : Академия, 2004. - 272 с.</p> <p>5. Билоус, О.А. Электронные преобразовательные устройства: лаб. практикум / О.А. Билоус, В.А. Тарасов; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. – Электрон. версия учебного пособия. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014. –79 с. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/docview/?id=2061.pdf , свободный.</p> <p align="center">Периодические издания</p> <p>1.Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления [Текст]: научный рецензируемый журнал. Архив номеров 2010-2018 гг. - Режим доступа: http://vestnik.pstu.ru/elinf/about/inf/ , свободный.</p>	5 ЭР ЭР 7 1 1 15 ЭР	Пушкарев А.М.
			<p>2.Электро. Электротехника. Электроэнергетика. Электротехническая промышленность: научно-технический журнал/ Учредитель ОАО «Электрозавод». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2012-2017 гг.</p> <p>3.Электрооборудование: эксплуатация и ремонт/Учредитель ООО «ИЕДЕПЕНДЕНТ МАСС МЕДИА» - Архив номеров 2018-2019 г.</p> <p>4.Электрик Международный Электротехнический Журнал/Учредитель ДП «Издательство Радиоматор» Киев,, «Радиоматор». Архив номеров 2018г.</p>		

		5. Информационно-аналитический журнал Электроэнергетика: сегодня, завтра. ООО «Издательский Дом «Деловая Пресса», ИП Левлюх Ю.А. Архив номеров 2019 г.		
--	--	--	--	--

Согласовано:

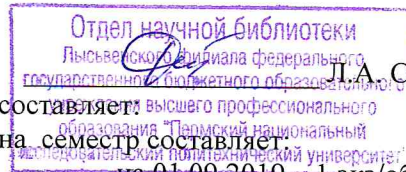
Зав. отделом научной библиотеки

Книгообеспеченность дисциплины составляет

Книгообеспеченность дисциплины на семестр составляет

- основной учебной литературой:

- дополнительной учебной литературой:



Л.А. Стругова


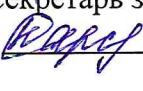

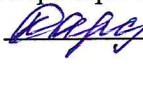
на 01.09.2019 – 1 экз/обуч.

(число, месяц, год) (экз. на 1 обучаемого)

на 01.09.2019 – 1 экз/обуч.

(число, месяц, год) (экз. на 1 обучаемого)

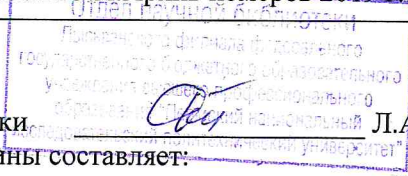
Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменений	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	Считать целесообразным применение данного элемента УМКД в 2020-2021 уч. году, в связи с этим на титульном листе строку «Лысьва, 2019» заменить словами « Лысьва, 2020 »	31.08.2020, протокол №1 Доцент с и.о. зав. каф. ОНД  Е. Н. Хаматнурова Секретарь заседания кафедры ОНД  О.Н. Карсакова
2	В разделе 6 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, в подразделе 6.1 Карта обеспеченности дисциплины Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для изучения дисциплины, заменить на новый	31.08.2020, протокол №1 Доцент с и.о. зав. каф. ОНД  Е. Н. Хаматнурова Секретарь заседания кафедры ОНД  О.Н. Карсакова

6.1. Карта обеспеченности учебно-методической литературой дисциплины «Силовая электроника»
Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Направление	Семестры	Кол-во студентов	Библиографическое описание издания (автор, заглавие, вид, место, изд-во, год издания, кол-во страниц)	Количество экземпляров в библиотеке	Основной лектор
13.03.02	6 7 8	12 22 10	<p align="center">Основная литература</p> <p>1.Зиновьев, Г. С. Силовая электроника [Текст] : учебное пособие для бакалавров / Г.С.Зиновьев. - 6-е изд., исправл. и доп. - М. : Юрайт, 2014. - 667 с. : ил. - (Бакалавр. Углубленный курс).</p> <p>2.О.А. Билоус, А. П. Иванов Электронные преобразовательные устройства Учебное пособие – Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010.– 212 с.; Режим доступа: http://elib.pstu.ru/docview/?id=486.pdf , свободный</p> <p>3.Фролов В.Я., Смородинов В.В. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab-Simulink Издательство " учеб. пособие 2-е изд, стер. СПб Издательство Лань",2018 .- 332 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/106890. свободный</p>	5 ЭР ЭР	Пушкарев, Сошин И.В.
			<p align="center">Дополнительная литература</p> <p>1.Герман-Галкин С.Г. Силовая электроника : лабораторные работы на ПК / С.Г. Герман-Галкин. - СПб. : КРОНА-принт, 2002. - 304 с.</p> <p>2. С.Рама Редди Основы силовой электроники Москва: Техносфера,2005.- 288 с.</p> <p>3.Силовая электроника: Примеры и расчёты/Ф.Чаки, И.Герман, И.Ипшич и др. Пер. с англ.- М.: Энергоиздат,1982.- 384 с., ил.</p> <p>4. Розанов, Ю.К. Электронные устройства электромеханических систем : учеб. пособие для вузов / Ю.К. Розанов, Е.М. Соколова. - М. : Академия, 2004. - 272 с.</p> <p>5. Билоус, О.А. Электронные преобразовательные устройства: лаб. практикум / О.А. Билоус, В.А. Тарасов; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. – Электрон. версия учебного пособия. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014. –79 с. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/docview/?id=2061.pdf , свободный.</p>	7 1 1 15 ЭР	
			<p align="center">Периодические издания</p> <p>1.Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления [Текст]: научный рецензируемый журнал. Архив номеров 2010-2019 гг. - Режим доступа: http://vestnik.pstu.ru/elinf/about/inf/ , свободный.</p> <p>2.Электро. Электротехника. Электроэнергетика. Электротехническая промышленность: научно-технический журнал/ Учредитель ОАО «Электрозавод». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2012-2017 гг.</p> <p>3.Электрооборудование: эксплуатация и ремонт/Учредитель ООО «ИЕДЕПЕНДЕНТ МАСС МЕДИА» - Архив номеров 2018-2019 г.</p> <p>4.Электрик Международный Электротехнический Журнал/Учредитель ДП «Издательство Радиоматор» Киев,, «Радиоматор». Архив номеров 2018г.</p>		

		5. Информационно-аналитический журнал Электроэнергетика: сегодня, завтра. ООО «Издательский Дом «Деловая Пресса», ИП Левлюх Ю.А. Архив номеров 2019 г.		
--	--	--	--	--



Согласовано:


Зав. отделом научной библиотеки

Книгообеспеченность дисциплины составляет:

Книгообеспеченность дисциплины на семестр составляет:

- основной учебной литературой: на 01.09.2020 – 1 экз/обуч.
(число, месяц, год) (экз. на 1 обучаемого)
- дополнительной учебной литературой: на 01.09.2020 – 1 экз/обуч.
(число, месяц, год) (экз. на 1 обучаемого)

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменений	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	Считать целесообразным применение данного элемента УМКД в 2021-2022 уч. году, в связи с этим на титульном листе строку «Лысьва 2020» изложить в следующей редакции « Лысьва 2021 »	
2	Пункт 6.1.Карта обеспеченности учебно-методической литературой дисциплины раздела 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, заменить на новую	<p style="text-align: center;">«<u>28</u>» <u>06</u> 20<u>21</u> г., протокол № <u>39</u></p> <p style="text-align: center;">Доцент с и.о. зав. каф. ОНД  / Е.Н. Хаматнурова</p>
3	Во исполнение пункта 16 приказа от 07.04.2021 года № 24-О «О создании автономного учреждения путем изменения типа существующего учреждения», на титульном листе строку «Лысьвенский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования» изложить в следующей редакции « Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования »	

6.1. Карта обеспеченности учебно-методической литературой дисциплины «Силовая электроника»
Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Направление	Семестры	Кол-во студентов	Библиографическое описание издания (автор, заглавие, вид, место, изд-во, год издания, кол-во страниц)	Количество экземпляров в библиотеке	Основной лектор
13.03.02	5 7 8	- 14 11	<p align="center">Основная литература</p> <p>1.Зиновьев, Г. С. Силовая электроника [Текст] : учебное пособие для бакалавров / Г.С.Зиновьев. - 6-е изд., исправл. и доп. - М. : Юрайт, 2014. - 667 с. : ил. - (Бакалавр. Углубленный курс).</p> <p>2.О.А. Билоус, А. П. Иванов Электронные преобразовательные устройства Учебное пособие – Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010 .– 212 с.; Режим доступа: https://elib.pstu.ru/docview/486, авторизованный</p> <p>3.Фролов В.Я., Смородинов В.В. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab-Simulink Издательство "учеб. пособие 2-е изд, стер. СПб Издательство Лань",2018 .- 332 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/106890. авторизованный</p>	5	Сошин И.В.
			<p align="center">Дополнительная литература</p> <p>1.Герман-Галкин С.Г. Силовая электроника : лабораторные работы на ПК / С.Г. Герман-Галкин. - СПб. : КРОНА-принт, 2002. - 304 с.</p> <p>2. С.Рама Редди Основы силовой электроники Москва: Техносфера,2005.- 288 с.</p> <p>3.Силовая электроника: Примеры и расчёты/Ф.Чаки, И.Герман, И.Ипшич и др. Пер. с англ.- М.: Энергоиздат,1982.- 384 с., ил.</p> <p>4. Розанов, Ю.К. Электронные устройства электромеханических систем : учеб. пособие для вузов / Ю.К. Розанов, Е.М. Соколова. - М. : Академия, 2004. - 272 с.</p> <p>5. Билоус, О.А. Электронные преобразовательные устройства: лаб. практикум / О.А. Билоус, В.А. Тарасов; Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. – Электрон. версия учебного пособия. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014. –79 с. – Режим доступа: https://elib.pstu.ru/docview/2061 , авторизованный</p>	7	
			1		
			1		
			15		
			ЭР		
			Периодические издания <p>1.Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления [Текст]: научный рецензируемый журнал. Архив номеров 2010-2021 гг. - Режим доступа: http://vestnik.pstu.ru/elinf/about/inf/ , свободный.</p> <p>2.Электро. Электротехника. Электроэнергетика. Электротехническая промышленность: научно-технический журнал/ Учредитель ОАО «Электрозавод». – Архив номеров в фонде ОНБ ЛФ ПНИПУ 2012-2017 гг.</p> <p>3.Электрооборудование: эксплуатация и ремонт/Учредитель ООО «ИЕДЕПЕНДЕНТ МАСС МЕДИА» - Архив номеров 2018-2021 гг.</p> <p>4.Электрик Международный Электротехнический Журнал/Учредитель ДП «Издательство Радиоматор» Киев,, «Радиоматор». Архив номеров 2018г.</p>	ЭР	

		5. Информационно-аналитический журнал Электроэнергетика: сегодня, завтра. ООО «Издательский Дом « Деловая Пресса», ИП Левлюх Ю.А. Архив номеров 2019-2021 гг.		
--	--	---	--	--

Согласовано:

Зав. отделом научной библиотеки



Л.А. Стругова

Книгообеспеченность дисциплины составляет:

Книгообеспеченность дисциплины на семестр составляет:

- основной учебной литературой:

на 01.09.2021 – 1 экз/обуч.

(число, месяц, год) (экз. на 1 обучаемого)

- дополнительной учебной литературой:

на 01.09.2021 – 1 экз/обуч.

(число, месяц, год) (экз. на 1 обучаемого)