

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 09 » октября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Силовая электроника  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Электроэнергетика и электротехника (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

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 в профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией электропривода.

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.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

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

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает основы электроники, схемы, состав оборудования, режим работы электротехнических и электроэнергетических установок различного назначения	Знает основы электроники, схемы, состав оборудования, режим работы электротехнических и электроэнергетических установок различного назначения	Экзамен
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет проектировать схемы силовых преобразователей в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования	Умеет проектировать схемы, электротехнические и электроэнергетические установки	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками выполнения расчетов, проектирования и конструирования параметров силовых полупроводниковых преобразователей и приборов	Владеет навыками расчета схем и режимов работы электронных и электротехнических установок	Защита лабораторной работы
ПК-2.3	ИД-1ПК-2.3	Знает состав, классификацию, назначение, основные схмотехнические решения устройств силовой электроники, методы проектирования, испытания и моделирования силовых преобразовательных устройств в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	Знает состав, этапы, последовательность и особенности предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	Экзамен
ПК-2.3	ИД-2ПК-2.3	Умеет применять основные подходы и методики при выборе полупроводниковых приборов электрического привода, систем оперативного тока электрических станций и подстанций, систем компенсации реактивной мощности на базе статических тиристорных компенсаторов и вставок постоянного тока, а также при выборе силовых преобразователей для систем автоматизации технологических процессов и электроснабжения в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической	Умеет применять основные подходы и методики, программные и технические средства предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования		
ПК-2.3	ИД-3ПК-2.3	Владеет навыками использования основных программных и технических средств при проектировании, монтаже, наладке и эксплуатации различных силовых полупроводниковых приборов и преобразователей в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	Владеет навыками использования основных программных и технических средств предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	63	63	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	27	27	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	14	14	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	81	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
6-й семестр				
Элементная база устройств силовой электроники.	2	2	2	4
Введение. Тема 1. Силовые полупроводниковые приборы (СПП). Тема 2. Параметры СПП.				
Неуправляемые и управляемые выпрямители. Зависимые (ведомые сетью) инверторы.	6	10	4	24
Тема 3. Выпрямители. Тема 4. Коммутация токов в фазах питающего трансформатора. Тема 5. Инверторный режим работы ТП. Тема 6. Трехфазный мостовой ТП. Тема 7. Энергетические характеристики тиристорного электропривода постоянного тока.				
Требования к параметрам управляющих (включающих) импульсов.	4	0	4	12
Тема 8. Требования к параметрам управляющих (включающих) импульсов. Тема 9. Системы импульсно-фазового управления (СИФУ). Классификация и принципы построения. Тема 10. Основные узлы многоканальной СИФУ.				
Способы реверса вентильного АЭП постоянного тока.	3	0	0	4
Тема 11. Бесконтактные реверсивные схемы с двухкомплектными ТП. Тема 12. Системы с совместным и с отдельным управлением комплектами вентиля реверсивного ТП.				
Преобразователи постоянного тока.	3	2	2	12
Тема 13. Виды преобразователей постоянного тока. Тема 14. Широтно-импульсные преобразователи (ШИП) для управления двигателями постоянного тока.				
Преобразователи переменного напряжения. Преобразователи частоты (ПЧ).	6	4	2	21
Тема 15. Схемы преобразователей переменного напряжения. Классификация преобразователей частоты. Тема 16. ПЧ с непосредственной связью нагрузки с сетью.				
Аварийные режимы работы ТП.	3	0	0	4
Тема 17. Внешние и внутренние аварии ТП.				
ИТОГО по 6-му семестру	27	18	14	81

ИТОГО по дисциплине	27	18	14	81
---------------------	----	----	----	----

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Решение задач по разделу «Неуправляемые и управляемые выпрямители. Зависимые (ведомые сетью) инверторы».
2	Решение задач по разделу «Системы управления преобразовательными устройствами».
3	Решение задач по разделу «Преобразователи постоянного тока»
4	Решение задач по разделу «Преобразователи переменного напряжения. Преобразователи частоты (ПЧ)».

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование работы силовых полупроводниковых приборов
2	Исследование схем включения преобразователя и снятие графиков напряжения нагрузки
3	Исследование работы управляемых выпрямителей
4	Исследование работы выпрямителя при разных видах нагрузки
5	Исследование рабочих процессов в управляемых выпрямителях работающем на двигательную нагрузку на примере однофазной мостовой, трехфазной нулевой и мостовой схемы
6	Определение параметров и показателей, характеризующих работу трехфазного мостового управляемого выпрямителя
7	Исследование работы сглаживающих фильтров в цепи постоянного тока управляемого выпрямителя
8	Исследование работы ведомого инвертора
9	Исследование работы автономного однофазного параллельного инвертора тока
10	Исследование работы широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения
11	Снятие регулировочной характеристики нереверсивного последовательного широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения
12	Исследование работы на активно-индуктивную нагрузку трехфазно-однофазного преобразователя частоты выполненного по мостовой и нулевой схемам

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся 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 обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. 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.
4. 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.

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

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Белоус А. И. Полупроводниковая силовая электроника / А. И. Белоус, С. А. Ефименко, А. С. Турцевич. - Москва: Техносфера, 2018.	1
2	Билоус О. А. Электронные преобразовательные устройства : учебное пособие для вузов / О. А. Билоус, А. П. Иванов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010.	74

3	Онищенко Г. Б. Силовая электроника: силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения : учебное пособие / Г. Б. Онищенко, О. М. Соснин. - Москва: ИНФРА-М, 2016.	2
4	Попков О. З. Основы преобразовательной техники : учебное пособие для вузов / О. З. Попков. - Москва: Издат. дом МЭИ, 2010.	10
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Зиновьев Г. С. Силовая электроника : учебное пособие для бакалавров / Г. С. Зиновьев. - Москва: Юрайт, 2012.	20
2	Мелешин В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин. - Москва: Техносфера, 2005.	31
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Коновалов Б. И. Основы преобразовательной техники / Коновалов Б. И., Мишуков В. С., Семенов В. Д. - Москва: ТУСУР, 2006.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan11528">http://elib.pstu.ru/Record/lan11528</a>	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Мелешин В. И. Транзисторная преобразовательная техника / Мелешин В. И. - Москва: Техносфера, 2005.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan73537">http://elib.pstu.ru/Record/lan73537</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Белоус А. И. Полупроводниковая силовая электроника / Белоус А. И., Ефименко С. А., Турцевич А. С. - Москва: Техносфера, 2013.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan73530">http://elib.pstu.ru/Record/lan73530</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Билоус О. А. Электронные преобразовательные устройства : лабораторный практикум / О. А. Билоус, В. А. Тарасов. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4355">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4355</a>	локальная сеть; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Билоус О. А. Электронные преобразовательные устройства : учебное пособие для вузов / О. А. Билоус, А. П. Иванов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3151">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3151</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Родыгин, А. В. Силовая электроника : учебное пособие / А. В. Родыгин. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks91420">http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks91420</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Салита Е. Ю. Силовая электроника : учебное пособие / Салита Е. Ю. - Омск: ОмГУПС, 2019.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-129209">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-129209</a>	локальная сеть; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Лабораторный учебный комплекс для проведения лабораторных работ по дисциплине «Силовая электроника»	2
Лекция	Проектор, экран, ПК или ноутбук, маркерная доска	1
Практическое занятие	Проектор, экран, ПК или ноутбук, маркерная доска	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Силовая электроника»**

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Электроснабжение

**Квалификация выпускника:** «Бакалавр»

**Выпускающая кафедра:** Микропроцессорных средств автоматизации

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 3

**Семестр:** 6

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 6 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и 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		Рубежный		Итоговый Экзамен
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	
<b>Усвоенные знания</b>					
<b>3.1</b> Знать классификацию, назначение, основные схемотехнические решения устройств силовой электроники;		ТО1		КР1	ТВ
<b>3.2</b> Знать силовые полупроводниковые приборы и преобразователи, как средства управления режимами работы, защиты и регулирования параметров электротехнических и электроэнергетических систем;		ТО2		КР1	ТВ
<b>3.3</b> Знать физические явления в полупроводниковых приборах и основы теории полупроводниковых приборов		ТО3		КР2	ТВ
<b>3.4</b> Знать принцип действия современных силовых полупроводниковых приборов, особенности их конструкции		ТО4		КР3	ТВ

<b>3.5</b> Знать методы проектирования, испытания и моделирования силовых преобразовательных устройств		ТО5		КР3	ТВ
<b>Освоенные умения</b>					
<b>У.1</b> 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			ОЛР1	КР2	ПЗ
<b>У.2</b> Уметь выполнять работы по расчету и проектированию силовых преобразователей в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования			ОЛР2	КР1	ПЗ
<b>У.3</b> Уметь использовать на практике методы и критерии выбора силовых преобразователей для систем автоматизации технологических процессов и электроснабжения			ОЛР1	КР2	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>					
<b>В.1</b> Владеть навыками использования теоретических и практических материалов по силовым преобразователям при проектировании, монтаже, наладке и эксплуатации различных силовых полупроводниковых приборов и преобразователей			ОЛР3 ОЛР6		ПЗ
<b>В.2</b> Владеть навыками выполнения расчетов, проектирования и конструирования параметров силовых полупроводниковых преобразователей и приборов			ОЛР4 ОЛР7		ПЗ
<b>В.3</b> Владеть навыками анализа режимов работы силовых полупроводниковых приборов и преобразователей			ОЛР5 ОЛР9		ПЗ
<b>В.4</b> Владеть навыками эксплуатации и проведения стандартных испытаний силовых полупроводниковых приборов и преобразователей			ОЛР3 ОЛР10 ОЛР11 ОЛР12		ПЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

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

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных

компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

## **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 12 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Элементная база устройств силовой электроники. Выпрямители и зависимые

инверторы», вторая КР – по модулю 2 «Системы управления преобразовательными устройствами. Реверс вентильного АЭП постоянного тока», третья КР – по модулю 3 «Преобразователи постоянного тока. Преобразователи переменного напряжения. Преобразователи частоты».

**Типовые задания первой КР:**

1. Пояснить особенности и дать классификацию СПП.
2. Построить диаграмму изменения мгновенной величины выпрямленного тока.

**Типовые задания второй КР:**

1. Перечислить основные функции системы управления ТП.
2. Пояснить принцип работы систем, работающих в зависимости от знака сигнала рассогласования.

**Типовые задания третьей КР:**

1. Перечислить способы улучшения энергетических характеристик преобразователя.
2. Построить диаграмму изменения мгновенной величины выходного напряжения заданного вида преобразователя.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

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

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

**Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Токи вторичных и первичных обмоток питающего трансформатора для трехфазной нулевой схемы выпрямления.
2. Рабочие процессы в тиристорном преобразователе при мгновенной коммутации. Зависимость  $E_d = f(U_2, \alpha)$ . Регулировочные характеристики.
3. Коммутация токов в фазах питающего трансформатора тиристорного преобразователя при переключении вентилей.
4. Величина мгновенного напряжения на нагрузке в зоне коммутации токов. Средняя величина падения напряжения в ТП, связанная с коммутацией.

5. Внешние характеристики ТП при непрерывном и прерывистом токе в нагрузке.

**Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Расчёт токов вторичных и первичных обмоток питающего трансформатора для мостовых схем выпрямления.
2. Построение диаграммы напряжения и тока тиристорных преобразователей в режиме прерывистых токов для активной нагрузки.
3. Расчет параметров средств и способов защиты от коротких замыканий плавкими предохранителями.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

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

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

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

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

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного 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 образовательной программы.

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