

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

« 02 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Электрические и электронные аппараты  
(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 дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков по вопросам теории, принципам построения и функционирования, условиям применения и эксплуатации наиболее распространенных электрических и электронных аппаратов, защиты и регулирования параметров системы, а также дать будущему специалисту знания по электрическим и электронным аппаратами в объеме, достаточном для профессионального выполнения работ по проектированию и эксплуатации промышленных установок и технологических комплексов.

Задачи учебной дисциплины:

Изучение основных положений теории и практики, выбора и проектирования, исследований, анализа и эксплуатации электрических и электронных аппаратов и содержащего их электротехнического оборудования.

Формирование умения выбирать и анализировать использование электрических и электронных аппаратов, применяемых в современных технологических процессах и электротехническом оборудовании; выбирать основные типовые электрические и электронные аппараты для различных комплексов производства, распределения и использования электроэнергии, обосновывать принятие конкретного технического решения.

Формирование навыков анализа, проектирования и расчета схем и элементов основного оборудования, вторичных цепей, устройств защиты и автоматики электроэнергетических объектов, режимов работы электроэнергетических установок различного назначения, а также проведения испытаний и исследовательских работ электрооборудования и объектов электроэнергетики.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- Основные понятия и определения теории электрических аппаратов;
- Энергетические процессы, протекающие в электрических аппаратах;
- Электрические контакты;
- Электрическая дуга;
- Электромагнитные механизмы электрических аппаратов;
- Электрические аппараты высокого напряжения;
- Электрические аппараты низкого напряжения;
- Реле;
- Общие сведения об электронных аппаратах;
- Электронные аппараты низкого напряжения;
- Электронные аппараты высокого напряжения;
- Системы управления электронными аппаратами.

### 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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	<p><b>ЗНАЕТ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технологические процессы на предприятиях электроэнергетической и электротехнической отраслей;</li> <li>- типовые стандартные приборы, устройства, аппараты, программные средства, используемые при экспериментальных исследованиях;</li> <li>- основные методы экспериментальных исследований в электроэнергетике и электротехнике;</li> <li>- элементную базу электрооборудования и установок, их функциональное назначение и устройство применительно к объектам электроэнергетики и электротехники.</li> </ul>	<p>Знает основные принципы планирования, способы подготовки и методы выполнения экспериментальных исследований объектов профессиональной деятельности; способы обработки полученных результатов экспериментальных исследований и представления полученной информации в соответствии с требованиями нормативной документации.</p>	Экзамен
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	<p><b>УМЕЕТ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обеспечить соблюдение заданных параметров технологического процесса и качества продукции;</li> <li>- проводить эксперименты по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов в области электроэнергетики и электротехники;</li> <li>- планировать эксперименты для решения определенной задачи профессиональной деятельности.</li> </ul>	<p>Умеет применять методы экспериментальных исследований при решении профессиональных задач; обрабатывать результаты экспериментальных исследований с представлением их в требуемом формате.</p>	Защита лабораторной работы
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	<p><b>ВЛАДЕЕТ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками освоения новых технологических процессов производства продукции на участках и</li> </ul>	<p>Владеет навыками исследований объектов профессиональной деятельности и практической обработки</p>	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
		<p>объектах электроэнергетической и электротехнической отраслей;</p> <p>- навыками работы с приборами и установками для экспериментальных исследований;</p> <p>- навыками экспериментальных исследований режимов работы технических устройств и объектов электроэнергетики и электротехники;</p> <p>- навыками математической обработки результатов и представления отчета, заключения.</p>	полученных результатов.	
ПК-2.3	ИД-1ПК-2.3	<p><b>ЗНАЕТ:</b></p> <p>- схемы и основное электроэнергетическое и электротехническое оборудование: схемы и основное электротехническое и коммутационное оборудование электрических станций и подстанций; схемы электроэнергетических систем и сетей, конструктивное выполнение воздушных и кабельных линий электропередачи; основы систем электроснабжения городов, промышленных предприятий; принципы построения релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем;</p> <p>электрооборудования высокого напряжения;</p> <p>основные схемотехнические решения устройств силовой электроники;</p> <p>основы теории систем</p>	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

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		автоматического управления; электрические аппараты; аппараты автоматики и управления; электронные, микропроцессорные и гибридные электрические аппараты; назначение, элементную базу, харак		
ПК-2.3	ИД-2ПК-2.3	<p>УМЕЕТ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять и производить выбор электроэнергетического и электротехнического оборудования: электрических станций и подстанций, электроэнергетических систем и сетей, систем электроснабжения, элементов релейной защиты и автоматики, электрических аппаратов, машин, электрического привода;</li> <li>- применять компьютерные и информационные технологии в своей профессиональной деятельности;</li> <li>- использовать методы анализа, моделирования и расчета режимов сложных систем, изделий, устройств и установок электроэнергетического и электротехнического назначения с использованием современных компьютерных технологий и специализированных программ.</li> </ul>	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	Защита лабораторной работы
ПК-2.3	ИД-3ПК-2.3	<p>УМЕЕТ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять и производить выбор электроэнергетического и</li> </ul>	Владеет навыками использования основных программных и технических средств	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
		<p>электротехнического оборудования (в зависимости от профиля подготовки): электрических станций и подстанций, электроэнергетических систем и сетей, систем электроснабжения, элементов релейной защиты и автоматики, электрических аппаратов, машин, электрического привода;</p> <p>- применять компьютерные и информационные технологии в своей профессиональной деятельности;</p> <p>- использовать методы анализа, моделирования и расчета режимов сложных систем, изделий, устройств и установок электроэнергетического и электротехнического назначения с использованием современных компьютерных технологий и специализированных программ.</p>	<p>предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования</p>	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	27	27	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	5	5	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
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	
5-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основы теории электрических аппаратов	10	8	2	34
<p>Тема 1. Основные понятия и определения теории электрических аппаратов Классификация электрических аппаратов. Выполняемые функции и основные требования, предъявляемые к электрическим аппаратам. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов.</p> <p>Тема 2. Энергетические процессы, протекающие в электрических аппаратах Активные потери энергии в электрических аппаратах. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов при продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы. Допустимая температура нагрева частей электрических аппаратов. Способы охлаждения электрических аппаратов.</p> <p>Тема 3. Электрические контакты Понятие об электрическом контакте, переходное сопротивление, основные требования к электрическим контактам. Конструкции контактов, их параметры. Режимы работы контактов. Эрозия контактов и борьба с ней.</p> <p>Тема 4. Электрическая дуга Электрическая дуга. Условия гашения дуги постоянного и переменного тока. Перенапряжения при гашении дуги. Восстанавливающееся напряжение. Способы гашения электрической дуги. Устройства для бездуговой коммутации на основе силовых полупроводниковых приборов.</p> <p>Тема 5. Электромагнитные механизмы ЭА Общие сведения о магнитных цепях электрических аппаратов. Классификация и основные характеристики электромагнитных механизмов электрических аппаратов постоянного и переменного тока. Динамика и время срабатывания электромагнитов, замедление и ускорение действия.</p>				
Электрические аппараты	5	15	2	24
<p>Тема 6. Электрические аппараты высокого напряжения. Конструкции электрических аппаратов высокого напряжения. Общие сведения и конструкция выключателей постоянного и переменного тока высокого напряжения (масляные, воздушные, элегазовые, вакуумные). Разъединители, отделители, короткозамыкатели. Разрядники. Реакторы. Общие сведения о комплектных распределительных устройствах и комплектных станциях управления.</p> <p>Тема 7. Электрические аппараты низкого напряжения.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Конструкции электрических аппаратов низкого напряжения, их характеристики и методы выбора. Рубильники. Переключатели. Контроллеры. Командоаппараты. Предохранители. Автоматические выключатели (токоведущая цепь и дугогасительная система, расцепители автоматов, быстродействующие автоматы). Контактторы постоянного и переменного тока. Магнитные пускатели. Датчики электрических и электромеханических параметров. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.</p> <p>Тема 8. Реле. Реле (основные понятия, параметры и типы конструкций). Реле тока и напряжения. Реле времени. Тепловые реле. Аппараты тепловой и температурной защиты.</p>				
Электронные аппараты	3	4	1	32
<p>Тема 9. Общие сведения об электронных аппаратах Общая характеристика функциональных свойств, классификация и области применения силовых электронных аппаратов. Способы реализации электронных аппаратов.</p> <p>Тема 10. Электронные аппараты низкого напряжения Силовые электронные аппараты низкого напряжения. Общие принципы создания силовых электронных аппаратов постоянного и переменного тока. Параллельное соединение полупроводниковых приборов в силовых блоках аппаратов. Комбинированные (гибридные) контактно-полупроводниковые аппараты.</p> <p>Тема 11. Электронные аппараты высокого напряжения Силовые электронные аппараты высокого напряжения. Общая характеристика электронных аппаратов высокого напряжения. Последовательное соединение полупроводниковых приборов в высоковольтных блоках. Общие сведения о комбинированных аппаратах высокого напряжения.</p> <p>Тема 12. Системы управления электронными аппаратами Системы управления силовыми электронными аппаратами. Основные требования к системам управления. Принципы импульсно-фазового управления. Системы управления электронными аппаратами низкого и высокого напряжения.</p>				
ИТОГО по 5-му семестру	18	27	5	90
ИТОГО по дисциплине	18	27	5	90

## Тематика примерных практических занятий

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
1	Нагрев электрических аппаратов.
2	Электрические контакты.
3	Электрическая дуга и дугогашения.
4	Магнитные цепи электрических аппаратов.
5	Электрические аппараты высокого напряжения.
6	Электрические аппараты низкого напряжения.
7	Реле тока, напряжения, времени.
8	Силовые электронные аппараты.

## Тематика примерных лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
1	Исследование теплового реле.
2	Исследование контактора постоянного тока.
3	Изучение индукционного реле.
4	Исследование магнитного пускателя.
5	Исследование электромагнитного реле тока или напряжения.
6	Исследование измерительных трансформаторов тока и напряжения.
7	Исследование электромагнитного реле времени.
8	Исследование реле тока с применением полупроводниковых приборов и операционных усилителей.

## 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; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; 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, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и 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 и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
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	Сипайлова Н. Ю. Электрические и электронные аппараты. Проектирование : учебное пособие для прикладного бакалавриата. Москва : Юрайт, 2016. 167 с. 12,94 усл. печ. л.	6
2	Чабанов Е. А. Электрические и электронные аппараты : практикум. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2019. 83 с. 5,25 усл. печ. л.	5

3	Щербаков Е. Ф., Александров Д. С. Электрические аппараты : учебное пособие. Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2015. 302 с. 24,51 усл. печ. л.	2
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Лакота О. Б., Маларев В. И. Электрические и электронные аппараты. Полупроводниковые аппараты управления. Микропроцессоры в электрических аппаратах : учебное пособие. Санкт-Петербург : Изд-во СПбГГУ, 2011. 48 с. 2,8 усл. печ. л.	1
2	Электрические и электронные аппараты : учебник и практикум для академического бакалавриата / Курбатов П. А., Акимов Е. Г., Годжелло А. Г., Лепанов М. Г. Москва : Юрайт, 2016. 440 с. 34,1 усл. печ. л.	3
3	Электрические и электронные аппараты. Силовые электронные аппараты / Бурман А. П., Кваснюк А. А., Коробков Ю. С., Розанов Ю. К. Москва : Академия, 2010. 315 с.	3
4	Электрические и электронные аппараты. Электромеханические аппараты / Акимов Е. Г., Белкин Г. С., Бурман А. П., Ведешенков Н. А. Москва : Академия, 2010. 344 с.	3
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Электричество : теоретический и научно-практический журнал. Москва : Знак, 1880 - .	
2	Электротехника : научно-технический журнал. Москва : Знак, 1930 - .	
<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	Электрические аппараты : учебное пособие / Л. Р. Загидуллин, Р. Р. Каюмов, И. В. Ломакин, Р. Р. Хисамов. — Казань : КГАВМ им. Баумана, 2019. — 22 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-126634">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-126634</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 XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
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>

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

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Лабораторный стенд	5
Лекция	Компьютер, проектор, маркерная (меловая) доска	1
Практическое занятие	Компьютер	10

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Электрические и электронные аппараты»

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**Направленность (модуль)  
образовательной  
программы:** Электромеханика

**Квалификация  
выпускника:** «Бакалавр»

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 2 **Семестр:** 3

**Трудоемкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

**Виды промежуточного контроля:**

Экзамен: 5 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «**Электрические и электронные аппараты**». 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 формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения**

### **1.1. Формируемые компетенции**

Таблица 1.1 – Компетенции, формируемые в процессе освоения данной ОПОП, определенные на основе СУОС ВО ПНИПУ по направлению подготовки 13.03.02 «**Электроэнергетика и электротехника**»

№ п.п	<b>Компетенции, формируемые на основании базовых учебных планов</b>	
	<b>Код компетенции</b>	<b>Формулировка компетенции</b>
1	ПК-1.4.	Способность планировать, осуществлять подготовку и выполнение типовых экспериментальных исследований по заданной методике; обрабатывать результаты экспериментальных исследований.
2	ПК-2.3.	Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.

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

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (5-го семестра базового учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные, практические, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения.

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 зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВЫ)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный			Промежуточный Экзамен
	С	ТО	ОЛР	ПЗ	Т/КР	
<b>Усвоенные знания</b>						
ЗНАЕТ: технологические процессы на предприятиях электроэнергетической и электротехнической отраслей; типовые стандартные приборы, устройства, аппараты, программные средства, используемые при экспериментальных исследованиях; основные методы экспериментальных исследований в электроэнергетике и электротехнике; элементную базу электрооборудования и установок, их функциональное назначение и устройство применительно к объектам электроэнергетики и электротехники. (ПК 1.4)		ТО1 ... ТО3			КР1 ... КР3	ТВ
ЗНАЕТ: схемы и основное электроэнергетическое и электротехническое оборудование: схемы и основное электротехническое и коммутационное оборудование электрических станций и подстанций; схемы электроэнергетических систем и сетей, конструктивное выполнение воздушных и кабельных линий электропередачи; основы систем электроснабжения городов, промышленных предприятий; принципы построения релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем; электрооборудования высокого напряжения; основные схемотехнические решения устройств силовой электроники; основы теории систем автоматического управления; электрические аппараты; аппараты автоматики и управления; электронные, микропроцессорные и гибридные электрические аппараты; назначение, элементную базу, характеристики и регулировочные свойства электроприводов с двигателями постоянного и переменного тока; конденсаторных установок и кабельных изделий.. (ПК 2.3)		ТО1 ... ТО3			КР1 ... КР3	ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
УМЕЕТ: обеспечить соблюдение заданных параметров технологического процесса и качества продукции; проводить эксперименты по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов в области электроэнергетики и электротехники; планировать эксперименты для решения определенной задачи профессиональной деятельности. (ПК 1.4)			ОЛР1 ... ОЛР6	ПЗ1 ... ПЗ3	ПЗ1 ... ПЗ3	ПЗ
УМЕЕТ: применять и производить выбор электроэнергетического и электротехнического			ОЛР1 ...	ПЗ1 ...	ПЗ1 ...	ПЗ

<p>оборудования: электрических станций и подстанций, электроэнергетических систем и сетей, систем электроснабжения, элементов релейной защиты и автоматики, электрических аппаратов, машин, электрического привода; применять компьютерные и информационные технологии в своей профессиональной деятельности; использовать методы анализа, моделирования и расчета режимов сложных систем, изделий, устройств и установок электроэнергетического и электротехнического назначения с использованием современных компьютерных технологий и специализированных программ. (ПК 2.3)</p>			ОЛР6	ПЗ3	ПЗ3	
<b>Приобретенные владения</b>						
<p>ВЛАДЕЕТ: навыками освоения новых технологических процессов производства продукции на участках и объектах электроэнергетической и электротехнической отраслей; навыками работы с приборами и установками для экспериментальных исследований; навыками экспериментальных исследований режимов работы технических устройств и объектов электроэнергетики и электротехники; навыками математической обработки результатов и представления отчета, заключения. (ПК 1.4)</p>			ОЛР1 ... ОЛР6	ПЗ1 ... ПЗ3	ПЗ1 ... ПЗ3	ПЗ
<p>ВЛАДЕЕТ: навыками расчета, проектирования и конструирования электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем; навыками анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем; навыками расчета параметров электроэнергетических и электротехнических устройств и электроустановок, электроэнергетических сетей и систем, систем электроснабжения, релейной защиты и автоматики; навыками использования прикладных программ и средствами автоматизированного проектирования при решении инженерных задач электроэнергетики и электротехники. (ПК 2.3)</p>			ОЛР1 ... ОЛР6	ПЗ1 ... ПЗ3	ПЗ1 ... ПЗ3	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; КУ – курсовая работа.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в 5-м семестре в виде экзамена, проводимого 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 бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, контроля выполнения практических заданий, 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 освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

Текущий контроль усвоения материала в форме письменного выборочного теоретического опроса студентов 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 и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.2) проводится в форме защиты отчетов по лабораторным работам, контроля выполнения практических заданий и рубежного контроля (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

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

Всего запланировано 6 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторных работ проводится индивидуально с каждым

студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Шкала и критерии оценки защиты лабораторной работы

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
5	Максимальный уровень	Задание по лабораторной работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.
4	Средний уровень	Задание по лабораторной работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к лабораторной работе не полностью соответствует требованиям
3	Минимальный уровень	Студент правильно выполнил задание к лабораторной работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в практической работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.
2	Минимальный уровень не достигнут	Студент не выполнил все задания лабораторной работы и не может объяснить полученные результаты.

### 2.2.2. Практические задания

Согласно РПД запланировано 3 практических занятия и 3 рубежных практических задания (ПЗ) после освоения студентами учебных модулей дисциплины:

- первое ПЗ по модулю 1 «Основы теории электрических аппаратов»,
- второе ПЗ – по модулю 2 «Электрические аппараты»,
- третье ПЗ по модулю 3 «Электронные аппараты».

#### Типовые задания первого ПЗ:

1. Определить количество теплоты, выделяющейся в одном метре длины шинпровода распределительного устройства, шинпровод имеет диаметр  $d$  и нагрет до температуры  $\theta$ .

2. Определить количество теплоты, выделяющееся в магнитопроводе катушки индуктивности переменного тока, намотанной на замкнутый магнитопровод. По катушке с числом витков  $w$  протекает ток  $I$  промышленной частоты 50 Гц; размеры магнитопровода приведены на рисунке.

3. Определить допустимую длительную величину постоянного тока для прямоугольной шины размерами  $a$  х  $b$ , установленной на ребро, или круглого проводника с диаметром  $d$  в спокойном воздухе, если их допустимая температура равна  $\theta_{\text{доп}}$ , температура окружающей среды  $\theta_0 = 35$  °С.

4. Написать уравнение кривой нагрева прямоугольного (в табл. заданы размеры сечения, большая сторона которого расположена вертикально) или круглого (в табл. задан диаметр) проводника, по которому протекает постоянный ток. В начале процесса нагревания температура проводника и окружающего его спокойного воздуха одинакова и составляет 35 °С. Значение удельного сопротивления материала проводника за время нарастания температуры принять неизменным.

5. Определить допустимую перегрузку по току и мощности, а также допустимое число включений в час катушки постоянного тока в повторно-кратковременном режиме нагрева, если время рабочего периода катушки  $t_p$  и по ней протекает ток  $I_{\text{пк}}$ . Катушка цилиндрическая, намотана прямоугольным (круглым) проводом, ее внутренний диаметр  $D_{\text{вн}} = 70$  мм, наружный  $D_{\text{нар}} = 140$  мм, высота катушки  $h = 70$  мм. В начале процесса нагревания температура катушки и окружающего его спокойного воздуха одинакова и составляет 35 °С.

### **Типовые задания второго ПЗ:**

1. Определить величину требуемого контактного нажатия мостикового контакта вспомогательной цепи контактора, если через контакты протекает ток, а все контакты изготовлены из накладок. Принять допустимое напряжение на контактах равным 0,1 напряжения размягчения.

2. Контакты реле изготовлены в виде напаяк, радиус кривизны задан в таблице. Определить значение сопротивления стягивания этих контактов, если сила контактного нажатия указана в таблице.

3. Два стержня сжаты с силой. Сферические поверхности торцов имеют радиус. Определить при каком постоянном токе эти контакты могут свариться.

4. Определить износ стержневого подвижного контакта маломасляного выключателя при отключении тока с длительностью горения дуги 0,03 с при одном отключении.

5. Оценить износ пары контактов при отключении тока и установить число допустимых отключений, если общий износ контактов  $5 \text{ см}^3$ , длительность одной операции (с дугой) задана в таблице.

### **Типовые задания третьего ПЗ:**

1. В приведенной на рисунке схеме определить логические величины на выходах  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$ . Логические значения входных величин заданы в таблице.

2. По представленным ниже логическим функциям построить схему и составить таблицу истинности в двух вариантах: с использованием элементов И-НЕ; с использованием элементов ИЛИ-НЕ.

3. Изобразить условные обозначения логических схем И, И-НЕ, ИЛИ, ИЛИ-НЕ, НЕ и составить таблицы истинности для них.

4. Изобразить условные обозначения и составить таблицы истинности для них триггеров.

5. Построить схему ЗАПРЕТ, в которой логическая единица проходит со входа на выход схемы только в том случае, когда на дополнительный запрещающий вход не подается логическая единица с помощью логических элементов: И, ИЛИ, НЕ; И-НЕ; -ИЛИ-НЕ.

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

### 2.2.3. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 3 рубежных контрольных работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Основы теории электрических аппаратов», вторая КР – по модулю 2 «Электрические аппараты», третья КР по модулю 3 «Электронные аппараты».

Шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. – Шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного модуля
5	Максимальный уровень	Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала. Отчет по контрольной работе оформлен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.
4	Средний уровень	Студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении отчета по контрольной работе.
3	Минимальный уровень	Студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, отчет по контрольной работе имеет недостаточный уровень качества оформления.
2	Минимальный уровень не достигнут	Студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также не способен пояснить полученный результат.

#### Типовые задания первой КР:

1. Основные требования, предъявляемые к электрическим аппаратам
2. Процесс нагрева и охлаждения электрических аппаратов.
3. Электрический контакт: переходное сопротивление, сопротивление стягивания, сопротивление пленок.

4. Динамические и статические режимы работы контактов.
5. Условия гашения дуги постоянного тока.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Устройство и принцип действия командоаппаратов.
2. Аппараты температурной защиты.
3. Аппараты тепловой защиты.
4. Параметры реле.
5. Датчики электромеханических параметров.

#### **Типовые задания третьей КР:**

1. Способы соединения полупроводниковых приборов в силовых блоках аппаратов.
2. Силовые электронные аппараты.
3. Слаботочные электронные аппараты.
4. Требования, предъявляемые к электронным аппаратам.
5. Системы автоматического управления электронными аппаратами.

### **2.3. Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и практических заданий, 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 освоенных умений и 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. Основные понятия и определения теории электрических аппаратов.
2. Классификация электрических аппаратов.
3. Выполняемые функции и основные требования, предъявляемые к электрическим аппаратам.
4. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов.
5. Энергетические процессы, протекающие в электрических аппаратах.
6. Активные потери энергии в электрических аппаратах.
7. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов при продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы.
8. Допустимая температура нагрева частей электрических аппаратов.
9. Способы охлаждения электрических аппаратов.
10. Электрические контакты.

11. Понятие об электрическом контакте, переходное сопротивление, основные требования к электрическим контактам.
12. Конструкции контактов, их параметры.
13. Режимы работы контактов.
14. Эрозия контактов и борьба с ней.
15. Электрическая дуга.
16. Условия гашения дуги постоянного и переменного тока.
17. Перенапряжения при гашении дуги.
18. Восстанавливающееся напряжение.
19. Способы гашения электрической дуги.
20. Устройства для бездуговой коммутации на основе силовых полупроводниковых приборов.
21. Электромагнитные механизмы электрических аппаратов.
22. Общие сведения о магнитных цепях электрических аппаратов.
23. Классификация и основные характеристики электромагнитных механизмов электрических аппаратов постоянного и переменного тока.
24. Динамика и время срабатывания электромагнитов, замедление и ускорение действия.
25. Электрические аппараты высокого напряжения.
26. Конструкции электрических аппаратов высокого напряжения.
27. Общие сведения и конструкция выключателей постоянного и переменного тока высокого напряжения (масляные, воздушные, элегазовые, вакуумные).
28. Разъединители, отделители, короткозамыкатели.
29. Разрядники.
30. Реакторы.
31. Общие сведения о комплектных распределительных устройствах и комплектных станциях управления.
32. Электрические аппараты низкого напряжения.
33. Конструкции электрических аппаратов низкого напряжения, их характеристики и методы выбора.
34. Рубильники.
35. Переключатели.
36. Контроллеры.
37. Командоаппараты.
38. Предохранители.
39. Автоматические выключатели (токоведущая цепь и дугогасительная система, расцепители автоматов, быстродействующие автоматы).
40. Контактторы постоянного и переменного тока.
41. Магнитные пускатели.
42. Датчики электрических и электромеханических параметров.
43. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.
44. Реле.
45. Реле (основные понятия, параметры и типы конструкций).
46. Реле тока и напряжения.
47. Реле времени.
48. Тепловые реле.

49. Аппараты тепловой и температурной защиты.
50. Общие сведения об электронных аппаратах Общая характеристика функциональных свойств, классификация и области применения силовых электронных аппаратов.
51. Способы реализации электронных аппаратов.
52. Электронные аппараты низкого напряжения
53. Силовые электронные аппараты низкого напряжения.
54. Общие принципы создания силовых электронных аппаратов постоянного и переменного тока.
55. Параллельное соединение полупроводниковых приборов в силовых блоках аппаратов.
56. Комбинированные (гибридные) контактно- полупроводниковые аппараты.
57. Электронные аппараты высокого напряжения.
58. Силовые электронные аппараты высокого напряжения.
59. Общая характеристика электронных аппаратов высокого напряжения.
60. Последовательное соединение полупроводниковых приборов в высоковольтных блоках.
61. Общие сведения о комбинированных аппаратах высокого напряжения.
62. Системы управления электронными аппаратам.
63. Основные требования к системам управления.
64. Принципы импульсно-фазового управления.
65. Системы управления электронными аппаратами низкого и высокого напряжения.

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

1. Проанализировать процессы теплообмена, протекающие в электрических аппаратах.
2. Проанализировать электродинамические процессы, протекающие в электрических аппаратах.
3. Проанализировать устройство и принцип действия электрических аппаратов низкого напряжения.
4. Проанализировать устройство и принцип действия электрических аппаратов высокого напряжения.
5. Проанализировать устройство и принцип действия электронных аппаратов.

**2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамен**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных 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 программы бакалавриата.

**2.4. Курсовая работа**

Не предусмотрена

### **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.