



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

03.02.2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ**

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Электроснабжение

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроснабжения промышленных предприятий
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск  
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Электроснабжения промышленных предприятий  
22.01.2026, протокол № 4

Зав. кафедрой



А.В. Варганова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
03.02.2026 г. протокол № 5

Председатель



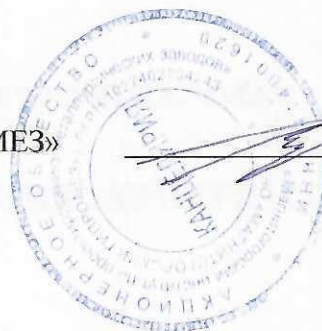
В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ЭПП, канд. техн. наук



Н.Т. Патшин

Рецензент:  
зам. начальника ЭТО  
АО «МАГНИТОГОРСКИЙ ГИПРОМЕЗ»



А.Ю. Литвинов

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Варганова

---

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины «Электрические и электронные аппараты» является изучение основных вопросов теории, принципов работы, конструктивных особенностей и условий эксплуатации электрических аппаратов, а также воспитание навыков принятия технически обоснованных решений в области расчета, конструирования и эксплуатации электрических аппаратов.

Задачи дисциплины – усвоение студентами:

- теоретических основ, принципов действия и основных схемных решений различных типов электрических аппаратов;
- практических навыков экспериментального определения технических характеристик электрических аппаратов;
- основных правил ввода в эксплуатацию электрических аппаратов с соблюдением мероприятий по технике безопасности и охране труда.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Электрические и электронные аппараты входит в часть учебного плана, формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика

Теоретические основы электротехники

Материаловедение и технология конструкционных материалов

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Электрические станции и подстанции

Электроэнергетические системы и сети

Проектирование электроснабжения

Надежность систем электроснабжения

Электроснабжение

Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем и сетей

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электрические и электронные аппараты» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-5	Способен оценивать нормальные, утяжеленные и послеаварийные режимы и ликвидировать аварийные режимы работы объектов профессиональной деятельности
ПК-5.1	Организовывает проведение аварийно-восстановительных и ремонтных работ на оборудовании подстанций
ПК-5.2	Проводит профилактические испытания и осуществляет анализ функционирования устройств релейной защиты и автоматики
ПК-5.3	Составляет схемы замещения на обслуживаемом оборудовании, рассчитывает параметры режима короткого замыкания на оборудовании РУ и ЛЭП, рассчитывает и выбирает уставки и характеристики устройств РЗА

#### 4 Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 57,2 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 33,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 17,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1. Классификация электрических аппаратов								
1.1 Введение в теорию электрических аппаратов. Роль электрических аппаратов в электроснабжении. Классификация аппаратов. Основные требования к электрическим аппаратам.	5	2	2	2	1,15	- самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование - подготовка к устному опросу	устный опрос №1	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
1.2 Аппараты для измерения электрических величин. Аппараты распределительных устройств низкого и высокого напряжений. Контактторы и пускатели. Релейные аппараты.	5	2	2	2	1	- самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование - подготовка к устному опросу	устный опрос №2; аудиторная контрольная работа №1	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу		4	4	4	2,15			
2. 2. Теория электрических аппаратов								
2.1 Электродинамические усилия в электрических аппаратах	5	4	4	4	8	- самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование - подготовка к устному опросу	устный опрос №3	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
2.2 Нагрев электрических аппаратов	5	4	4	4	8	- самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование - подготовка к устному опросу	устный опрос №4	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3

2.3 Основы теории горения и гашения электрической дуги		4	4	4	8	- самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование - подготовка к устному опросу	устный опрос №5	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
2.4 Магнитные цепи и электромагнитные механизмы аппаратов		2	2	2	6,95	- самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование - подготовка к устному опросу	устный опрос №6; аудиторная контрольная работа №2	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу		14	14	14	30,95			
Итого за семестр		18	18	18	33,1		экзамен	
Итого по дисциплине		18	18	18	33,1		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Электрические и электронные аппараты» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Электрические аппараты» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. В ходе проведения лекционных занятий предусматривается: 1) использование электронного демонстрационного материала по темам, требующим иллюстрации работы специализированного программного обеспечения, сложных структурных схем и большого объема графического материала; 2) использование электронных учебников по отдельным темам занятий; 3) активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос и т.д.

При проведении лабораторных работ используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при работе на практических занятиях и при подготовке к итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Электрические аппараты : учебник и практикум для вузов / под редакцией П. А. Курбатова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 250 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9715-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562646> (дата обращения: 19.01.2026).

2. Сипайлова, Н. Ю. Электрические и электронные аппараты. Проектирование : учебник для вузов / Н. Ю. Сипайлова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 167 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17165-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561301> (дата обращения: 19.01.2026).

### **б) Дополнительная литература:**

1. Измерительные трансформаторы тока и напряжения : учебное пособие / А. В. Малафеев, Е. А. Панова, А. В. Варганова, Н. Т. Патшин ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 150 с. : ил., схемы, табл., граф., диагр., эскизы. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2199>. - ISBN 978-5-9967-1236-6. - Текст : непосредственный.- дата обращения: 19.01.2026.

2. Основы теории электрических аппаратов : учебник / Е. Г. Акимов, Г. С. Белкин, А. Г. Годжелло, В. Г. Дегтярь. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-1800-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211970> (дата обращения: 19.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Щербаков, Е. Ф. Электрические аппараты : учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2024. — 303 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-797-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2084333> (дата обращения: 19.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

4. Электрические аппараты : учебник и практикум для вузов / под редакцией П. А. Курбатова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 250 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9715-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562646> (дата обращения: 19.01.2026).

5. Сипайлова, Н. Ю. Электрические и электронные аппараты. Проектирование : учебник для вузов / Н. Ю. Сипайлова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 167 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17165-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561301> (дата обращения: 19.01.2026).

#### **в) Методические указания:**

1. Николаев, А. А. Основы теории электрических аппаратов [Текст]: Учебное пособие / А. А. Николаев, Н. Т. Патшин, Ю. Н. Кондрашова, И.Р. Абдулвелеев. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 117 с. – ISBN 978-5-9967-0743-0.

2. Патшин, Н. Т. Электрические аппараты [Текст]: Практикум / Н. Т. Патшин, Е. Б. Ягольникова, И. Р. Абдулвелеев. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. – 109 с.

3. Патшин, Н. Т. Лабораторный практикум «Электрические аппараты» [Текст]: практикум / Н. Т. Патшин, А. А. Николаев. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 145 с.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
LibreOffice	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно

##### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	<a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	<a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Электронная база периодических изданий ООО «ИВИС»	<a href="https://eivis.ru/">https://eivis.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>

## **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории: Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Оснащение аудитории: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Тип и название аудитории: Учебная аудитория для проведения лабораторных работ:

Лаборатория релейной защиты и электроснабжения (ауд. 215).

Оснащение аудитории: Лабораторные стенды:

1. Испытания трансформаторов тока (лабораторная работа №2 - панель № 11).  
2. Испытания электромагнитных реле тока и напряжения (лабораторная работа №8 – панель № 13).

3. Исследование схем и рабочих параметров магнитных пускателей (лабораторная работа №53 – панель № 21).

4. Испытания промежуточных реле и реле времени на установке У5052 (лабораторная работа №6 – панель № 22)

5. Автоматические выключатели (макеты - раздаточный материал).

6. Предохранители (макеты - раздаточный материал).

7. Измерительные трансформаторы тока (макеты - раздаточный материал).

Наглядные материалы:

1. Плавкие вставки предохранителей.

2. Автоматический воздушный выключатель серии АП-50.

3. Дугогасительные решетки автоматических воздушных выключателей.

4. Катушка магнитного дутья электромагнитного контактора постоянного тока.

5. Реле тока серии РТ-40.

6. Реле напряжения серии РН-53.

7. Промежуточное реле постоянного тока с замедлением РП-251.

8. Двухобмоточное промежуточное реле РП-232.

9. Двухпозиционное реле типа РП-8.

10. Промежуточное (трансформаторное) реле типа РП-341.

11. Магнитный пускатель типа ПМЕ, ПМЛ, ПАЕ.

12. Тепловые реле типа РТТ.

13. Герметичные контакты (герконы).

14. Измерительные трансформаторы тока.

Тип и название аудитории: Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оснащение аудитории: Доска, мультимедийный проектор, экран.

Тип и название аудитории: Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Оснащение аудитории: Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Тип и название аудитории: Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Оснащение аудитории: Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования.

Инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(обязательное)

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Аудиторная самостоятельная работа студентов на лекционных и лабораторных занятиях включает в себя: 1) выполнение лабораторных работ на специализированных стендах согласно программам проведения исследований, указанным в методических указаниях; 2) выполнение расчетной и графической частей отчета по лабораторной работе с консультациями преподавателя; 3) написание аудиторных контрольных работ.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения и проработки лекционного материала и рекомендованной литературы, написания законченного отчета по лабораторной работе и подготовке к защите, а также в подготовке к устным опросам, аудиторным контрольным работам и экзамену.

### **Примеры устных опросов:**

#### **Устный опрос №1**

1. Какова основная роль электрических аппаратов в системе электроснабжения?
2. Назовите общие определения и классификация электрических аппаратов.
3. Каковы основные требования, предъявляемые к электрическим аппаратам?

#### **Устный опрос №2**

1. Чем определяется физическая природа и направление действия ЭДУ?
2. Какие основные факторы влияют на величину и направление ЭДУ между параллельными проводниками и взаимно перпендикулярными проводниками?
3. Какие основные факторы влияют на величину и направление ЭДУ в кольцевом витке, катушке, в проводниках переменного сечения и при наличии ферромагнитных стенок?
4. Какие особенности имеют ЭДУ при переменном токе?
5. Как рассчитывается электродинамическая стойкость электрических аппаратов?

#### **Устный опрос №3**

Потери энергии в деталях электрических аппаратов. Передача тепла. Режимы работы электрических аппаратов, допустимые температуры нагрева токоведущих частей электрических аппаратов. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов при различных режимах работы. Термическая стойкость электрических аппаратов.

#### **Устный опрос №4**

Процессы в дуговом промежутке. Вольтамперные характеристики дуги. Условия горения и гашения дуги постоянного тока. Особенности горения и гашения дуги переменного тока. Способы гашения электрической дуги в электрических аппаратах. Бездуговая коммутация цепей переменного тока.

#### **Устный опрос №5**

Электромагнитные системы электрических аппаратов. Основные принципы расчета электромагнитных систем. Обмотки электромагнитов. Сила тяги электромагнитов. Тяговые и механические характеристики электромагнитов. Динамика работы электромагнитов.

#### **Устный опрос №6**

Электрические контакты. Переходное сопротивление контактов. Контактные пары постоянного и переменного тока. Магнитные пускатели. Контактные пары, пускатели с использованием полупроводниковых элементов.

#### **Устный опрос №7**

Назначение и виды реле. Классификация реле, требования к ним, основные параметры и характеристики. Электромагнитные реле защиты и управления. Коэффициент возврата. Конструкции электромагнитных реле тока и напряжения, их применение. Индукционные реле. Реле направления мощности. Реле частоты. Тепловые реле. Позисторная защита двигателей.

### Устный опрос №8

Трансформаторы тока. Устройство, принцип действия, схема замещения, погрешности трансформаторов тока. Схемы включения трансформаторов тока. Трансформаторы напряжения. Назначение, основные параметры, погрешности трансформаторов напряжения.

### Устный опрос №9

Предохранители. Плавкие вставки. Выбор предохранителей. Автоматические воздушные выключатели. Токоведущие части, дугогасительная система, приводы, расцепители. Выбор автоматических выключателей.

### Примеры заданий к аудиторной контрольной работе №1

Аудиторная контрольная работа №1 – Классификация аппаратов, основные требования к электрическим аппаратам. Электродинамические усилия в электрических аппаратах. Нагрев электрических аппаратов.

Перечень вопросов к контрольной работе:

К какой категории электрических аппаратов относится реактор?

- а) защитные аппараты
- б) контролируемые аппараты
- в) ограничивающие аппараты
- г) измерительные аппараты

Защитные свойства оболочки электрического аппарата обозначаются буквами

- а) IM
- б) IC
- в) IP
- г) IN

Какое климатическое условие соответствует климатическому исполнению «О»?

- а) умеренный климат
- б) общетропический климат
- в) общеклиматический
- г) тропический влажный климат

Категории размещения «под навесом» соответствует обозначение

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4

По какой формуле определяются электродинамические усилия между двумя проводниками?

- а)  $F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a}$
- б)  $F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}$
- в)  $F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{a}{2}$

По какой формуле определяются электродинамические усилия в проводнике с переменным сечением?

$$\text{а) } F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a}$$

$$\text{б) } F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}$$

$$\text{в) } F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{a}{2}$$

Электродинамические усилия между двумя параллельными проводниками, через которых протекает переменный ток, пропорциональны

- а) квадрату тока
- б) квадрату напряжения
- в) квадрату сопротивления
- г) току в 1-й степени

Причиной возникновения аperiodической составляющей тока при переходных процессах в сетях высокого напряжения является

- а) индуктивный характер цепи
- б) емкостной характер цепи
- в) чисто активный характер цепи

Температура считается установившейся, если за 1 час нагрева она изменяется не более чем на

- а) 1° С
- б) 5° С
- в) 10° С
- г) 0,1° С

Режим работы электрического аппарата, при котором за период включения аппарат не успевает нагреться до  $Q_{уст}$ , а за время паузы успевает остыть до  $Q_{о.с.}$

- а) продолжительный режим работы
- б) прерывисто-продолжительный
- в) кратковременный

### **Примеры заданий к аудиторной контрольной работе №2**

Аудиторная контрольная работа №2 – Основы теории горения и гашения электрической дуги. Магнитные цепи и электромагнитные механизмы аппаратов. Контактные и пускатели. Релейные аппараты. Аппараты для измерения электрических величин. Аппараты распределительных устройств низкого и высокого напряжений. Перечень вопросов к контрольной работе:

Сульфидные пленки на поверхности контактов электрических аппаратов – результат взаимодействия металла с

- а) азотом
- б) серой
- в) кислородом
- г) углеродом

Что из перечисленного не является требованием к материалу контактных соединений

- а) высокая электропроводность
- б) высокая теплопроводность
- в) высокая твердость для уменьшения усилия нажатия
- г) высокая твердость для уменьшения механического износа

Расстояние, которое перемещается подвижная контактная система после касания контактов

- а) раствор
- б) провал
- в) зазор

Способ гашения электрической дуги, при котором используется множество медных или железных пластин

- а) перемещение дуги
- б) растягивание дуги
- в) соприкосновение дуги с поверхностью
- г) деление дуги на ряд коротких

Химическая формула элегаза

- а)  $S_6H$
- б)  $SH_6$
- в)  $S_6F$
- г)  $SF_6$

Класс точности трансформатора тока гарантируется для определенного значения

- а) вторичного тока цепи
- б) вторичного напряжения цепи
- в) вторичного сопротивления цепи

При каком токе в электромагнитных реле возникает вибрация, ухудшающая его эксплуатационные характеристики

- а) постоянном
- б) переменном
- в) в обоих случаях

Максимальное значение тока к.з., которое выключатель способен включить и отключить, оставаясь в исправном состоянии

- а) электродинамическая стойкость
- б) предельная коммутационная способность
- в) термическая стойкость

Автоматы с выдержкой времени при перегрузках и мгновенного срабатывания при токах короткого замыкания называют

- а) нормальными
- б) быстродействующими
- в) селективными
- г) неселективными

Что характеризует термин «величина пускателя»?

- а) допустимый ток контактов магнитного пускателя
- б) допустимое напряжение контактов магнитного пускателя
- в) допустимую температуру нагрева контактов магнитного пускателя
- г) габаритные размеры магнитного пускателя

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**  
(обязательное)

**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ПК-5: Способен оценивать нормальные, утяжеленные и послеаварийные режимы и ликвидировать аварийные режимы работы объектов профессиональной деятельности</b>		
ПК-5.1	Организовывает проведение аварийно-восстановительных и ремонтных работ на оборудовании подстанций	<p><b>Перечень вопросов для промежуточной аттестации:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные требования к электрическим аппаратам.</li> <li>2. Классификация электрических аппаратов.</li> <li>3. Электродинамические усилия в электрических аппаратах.</li> <li>4. Электродинамические усилия при переменном токе.</li> <li>5. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов. Как проверить электрические аппараты на Электродинамическая стойкость.</li> <li>6. Нагрев электрических аппаратов при продолжительном режиме работы.</li> <li>7. Нагрев электрических аппаратов при кратковременном режиме работы.</li> <li>8. Нагрев электрических аппаратов при повторно-кратковременном режиме работы.</li> <li>9. Термическая стойкость электрических аппаратов. Проверка электрических аппаратов на термическую стойкость.</li> <li>10. Электрическая дуга как вид электрического разряда в газах.</li> </ol> <p><b>Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации:</b> Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине заключается в самостоятельной детальной проработке лекционного материала и материала, вынесенного на самостоятельное изучение с использованием рекомендуемой основной и дополнительной литературы. Рекомендуется производить подготовку систематически, используя все время, предусмотренное учебным планом для самостоятельной работы.</p> <p><b>Примерные практические задания:</b></p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																																																	
		<p data-bbox="786 320 1854 619"><b>ЗАДАЧА 1.</b> Токоподвод к автоматическому выключателю постоянного тока выполнен медными прямоугольными шинами сечением <math>b \times h</math>, расположенными параллельно широкой стороне друг к другу на расстоянии <math>a</math> и закрепленными на опорных изоляторах на расстоянии <math>\ell</math> между соседними изоляторами. Выбрать размеры сечения <math>b</math> и <math>h</math> токоподводящих шин, исходя из длительного режима работы выключателя при <math>I_{ном}</math> и его электродинамической стойкости при сквозном токе короткого замыкания <math>I_{кз}</math> (максимальное значение пропускаемого тока). Данные для расчета представлены в табл. 2.</p> <p data-bbox="1697 628 1839 655" style="text-align: right;"><i>Таблица 2</i></p> <table border="1" data-bbox="779 660 1843 895"> <thead> <tr> <th data-bbox="779 660 927 735" rowspan="2">Параметры</th> <th colspan="10" data-bbox="927 660 1843 699">ВАРИАНТЫ</th> </tr> <tr> <th data-bbox="927 699 1003 735">1</th> <th data-bbox="1003 699 1079 735">2</th> <th data-bbox="1079 699 1155 735">3</th> <th data-bbox="1155 699 1232 735">4</th> <th data-bbox="1232 699 1308 735">5</th> <th data-bbox="1308 699 1384 735">6</th> <th data-bbox="1384 699 1460 735">7</th> <th data-bbox="1460 699 1536 735">8</th> <th data-bbox="1536 699 1612 735">9</th> <th data-bbox="1612 699 1843 735">10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="779 735 927 772"><math>a</math>, мм</td> <td data-bbox="927 735 1003 772">60</td> <td data-bbox="1003 735 1079 772">60</td> <td data-bbox="1079 735 1155 772">65</td> <td data-bbox="1155 735 1232 772">70</td> <td data-bbox="1232 735 1308 772">75</td> <td data-bbox="1308 735 1384 772">80</td> <td data-bbox="1384 735 1460 772">90</td> <td data-bbox="1460 735 1536 772">100</td> <td data-bbox="1536 735 1612 772">110</td> <td data-bbox="1612 735 1843 772">120</td> </tr> <tr> <td data-bbox="779 772 927 809"><math>\ell</math>, мм</td> <td data-bbox="927 772 1003 809">150</td> <td data-bbox="1003 772 1079 809">160</td> <td data-bbox="1079 772 1155 809">170</td> <td data-bbox="1155 772 1232 809">170</td> <td data-bbox="1232 772 1308 809">180</td> <td data-bbox="1308 772 1384 809">180</td> <td data-bbox="1384 772 1460 809">200</td> <td data-bbox="1460 772 1536 809">200</td> <td data-bbox="1536 772 1612 809">210</td> <td data-bbox="1612 772 1843 809">210</td> </tr> <tr> <td data-bbox="779 809 927 845"><math>I_{ном}</math>, А</td> <td data-bbox="927 809 1003 845">160</td> <td data-bbox="1003 809 1079 845">200</td> <td data-bbox="1079 809 1155 845">250</td> <td data-bbox="1155 809 1232 845">400</td> <td data-bbox="1232 809 1308 845">600</td> <td data-bbox="1308 809 1384 845">800</td> <td data-bbox="1384 809 1460 845">1000</td> <td data-bbox="1460 809 1536 845">1600</td> <td data-bbox="1536 809 1612 845">2000</td> <td data-bbox="1612 809 1843 845">2500</td> </tr> <tr> <td data-bbox="779 845 927 895"><math>I_{кз}</math>, кА</td> <td data-bbox="927 845 1003 895">55</td> <td data-bbox="1003 845 1079 895">60</td> <td data-bbox="1079 845 1155 895">75</td> <td data-bbox="1155 845 1232 895">80</td> <td data-bbox="1232 845 1308 895">100</td> <td data-bbox="1308 845 1384 895">120</td> <td data-bbox="1384 845 1460 895">160</td> <td data-bbox="1460 845 1536 895">200</td> <td data-bbox="1536 845 1612 895">250</td> <td data-bbox="1612 845 1843 895">300</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1144 935 1480 962" style="text-align: center;">Методические указания</p> <p data-bbox="786 975 1854 1038">1. Определение размеров сечения шин, исходя из длительного режима работы</p> $S_{эл} = \frac{I_{ном}}{j_{доп}},$ <p data-bbox="786 1139 1854 1203">где <math>j_{доп} = 2 \text{ А/мм}^2</math> – допустимая из условий нагрева шинпровода плотность тока.</p> <p data-bbox="786 1219 1854 1362">Отношение узкой стороны сечения шинпровода к его широкой стороне <math>b/h</math> обычно принимается в пределах от 0,1 до 0,25. При этом размеры сечения выбираются из стандартных рядов для медного проката. Для размера <math>b</math>: ... 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12...мм, для размера <math>h</math>: ... 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120 ... мм.</p> <p data-bbox="786 1369 1854 1433">Выбранные размеры <math>b</math> и <math>h</math> должны обеспечивать сечение не менее <math>S_{эл}</math> и максимально близкое к нему.</p>	Параметры	ВАРИАНТЫ										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$a$ , мм	60	60	65	70	75	80	90	100	110	120	$\ell$ , мм	150	160	170	170	180	180	200	200	210	210	$I_{ном}$ , А	160	200	250	400	600	800	1000	1600	2000	2500	$I_{кз}$ , кА	55	60	75	80	100	120	160	200	250	300
Параметры	ВАРИАНТЫ																																																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																									
$a$ , мм	60	60	65	70	75	80	90	100	110	120																																																									
$\ell$ , мм	150	160	170	170	180	180	200	200	210	210																																																									
$I_{ном}$ , А	160	200	250	400	600	800	1000	1600	2000	2500																																																									
$I_{кз}$ , кА	55	60	75	80	100	120	160	200	250	300																																																									

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>2. Определение размеров сечения шин, исходя из электродинамической стойкости при токе короткого замыкания.</p> <p>Электродинамическая сила, действующая на участок шинопровода длиной <math>\ell</math>,</p> $P_{эд} = 10^{-7} K K_{\phi} I_{КЗ}^2 \quad ,$ <p>где <math>K = \frac{2\ell}{a} \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{a}{\ell}\right)^2} - \frac{a}{\ell} \right]</math> – коэффициент контура;</p> <p><math>K_{\phi}</math> – коэффициент формы, определяется по кривым Двайта.</p> <p>Максимальное изгибающее механическое напряжение в шине</p> $\sigma_{\max} = \frac{P_{эд} \ell}{12 W_{из}} = \frac{P_{эд} \ell}{2 h b^2} \quad ,$ <p>где <math>W_{из} = \frac{h b^2}{6}</math> – момент сопротивления изгибу шины, мм<sup>3</sup>.</p> <p>Если <math>\sigma_{\max} \leq \sigma_{дон} = 13,7 \cdot 10^5</math> Н/мм<sup>2</sup>, то сечение медных токоподводящих шин, выбранное исходя из длительного режима работы, принимается окончательным. Если же <math>\sigma_{\max} &gt; \sigma_{дон}</math>, то необходимо увеличить толщину шинопровода, исходя из соотношения</p> $b = \sqrt{\frac{P_{эд} \ell}{2 h \sigma_{дон}}} \quad .$ <p>Это значение <math>\ell</math> также должно выбираться из стандартного ряда.</p> <p><b>Устные опросы:</b>  <b>Устный опрос №1</b>  Роль электрических аппаратов в электроснабжении. Общие определения и классификация электрических аппаратов. Основные требования, предъявляемые к электрическим аппаратам.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p><b>Устный опрос №2</b> Физическая природа ЭДУ, направление действия ЭДУ, методы расчета. ЭДУ между параллельными проводниками, взаимноперпендикулярными проводниками. ЭДУ в кольцевом витке, катушке, в проводниках переменного сечения, при наличии ферромагнитных масс. ЭДУ при переменном токе. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов.</p> <p><b>Устный опрос №3</b> Потери энергии в деталях электрических аппаратов. Передача тепла. Режимы работы электрических аппаратов, допустимые температуры нагрева токоведущих частей электрических аппаратов. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов при различных режимах работы. Термическая стойкость электрических аппаратов.</p>
ПК-5.2	Проводит профилактические испытания и осуществляет анализ функционирования устройств релейной защиты и автоматики	<p><b>Перечень вопросов для промежуточной аттестации:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды ионизации и деионизации межконтактного промежутка.</li> <li>2. Способы гашения электрической дуги.</li> <li>3. Электрические контакты. Переходное сопротивление контактов.</li> <li>4. Конструкции электрических контактов. Параметры.</li> <li>5. Электромагниты. Сила тяги электромагнитов постоянного тока.</li> <li>6. Особенности электромагнитов переменного тока.</li> <li>7. Предохранители. Конструкции, выбор предохранителей.</li> <li>8. Измерительные трансформаторы тока. Назначение, основные параметры.</li> <li>9. Погрешности трансформаторов тока. Классы точности.</li> <li>10. Схемы соединения трансформаторов тока и реле.</li> </ol> <p><b>Устные опросы:</b> <b>Устный опрос №4</b> Процессы в дуговом промежутке. Вольтамперные характеристики дуги. Условия горения и гашения дуги постоянного тока. Особенности горения и гашения дуги переменного тока. Способы гашения электрической дуги в электрических аппаратах. Бездуговая коммутация цепей переменного тока.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p><b>Устный опрос №5</b>  Электромагнитные системы электрических аппаратов. Основные принципы расчета электромагнитных систем. Обмотки электромагнитов. Сила тяги электромагнитов. Тяговые и механические характеристики электромагнитов. Динамика работы электромагнитов.</p> <p><b>Устный опрос №6</b>  Электрические контакты. Переходное сопротивление контактов.  Контакторы постоянного и переменного тока. Магнитные пускатели. Контакторы, пускатели с использованием полупроводниковых элементов.</p> <p><b>Примеры заданий к аудиторной контрольной работе №1</b>  Аудиторная контрольная работа №1 – Классификация аппаратов, основные требования к электрическим аппаратам. Электродинамические усилия в электрических аппаратах. Нагрев электрических аппаратов.  Перечень вопросов к контрольной работе:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. К какой категории электрических аппаратов относится реактор? <ol style="list-style-type: none"> <li>а) защитные аппараты</li> <li>б) контролируемые аппараты</li> <li>в) ограничивающие аппараты</li> <li>г) измерительные аппараты</li> </ol> </li> <li>2. Защитные свойства оболочки электрического аппарата обозначаются буквами <ol style="list-style-type: none"> <li>а) IM</li> <li>б) IC</li> <li>в) IP</li> <li>г) IN</li> </ol> </li> <li>3. Какое климатическое условие соответствует климатическому исполнению «О»? <ol style="list-style-type: none"> <li>а) умеренный климат</li> <li>б) общетропический климат</li> </ol> </li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>в) общеклиматический г) тропический влажный климат</p> <p>4. Категории размещения «под навесом» соответствует обозначение а) 1 б) 2 в) 3 г) 4</p> <p>5. По какой формуле определяются электродинамические усилия между двумя проводниками? а) <math>F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a}</math> б) <math>F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}</math> в) <math>F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{a}{2}</math></p> <p>6. По какой формуле определяются электродинамические усилия в проводнике с переменным сечением? а) <math>F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a}</math> б) <math>F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}</math> в) <math>F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{a}{2}</math></p> <p>7. Электродинамические усилия между двумя параллельными проводниками, через которых протекает переменный ток, пропорциональны а) квадрату тока б) квадрату напряжения в) квадрату сопротивления г) току в 1-й степени</p> <p>8. Причиной возникновения апериодической составляющей тока при переходных процессах в сетях высокого напряжения является а) индуктивный характер цепи б) емкостной характер цепи</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>в) чисто активный характер цепи</p> <p>9. Температура считается установившейся, если за 1 час нагрева она изменяется не более чем на</p> <p>а) 1° С б) 5° С в) 10° С г) 0,1° С</p> <p>10. Режим работы электрического аппарата, при котором за период включения аппарат не успевает нагреться до <math>Q_{уст}</math>, а за время паузы успевает остыть до <math>Q_{о.с.}</math></p> <p>а) продолжительный режим работы б) прерывисто-продолжительный в) кратковременный</p>
ПК-5.3	Составляет схемы замещения на обслуживаемом оборудовании, рассчитывает параметры режима короткого замыкания на оборудовании РУ и ЛЭП, рассчитывает и выбирает уставки и характеристики устройств РЗА	<p><b>Перечень вопросов для промежуточной аттестации</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Измерительные трансформаторы напряжения.</li> <li>2. Магнитные пускатели. Схема управления реверсивным асинхронным двигателем.</li> <li>3. Реле. Классификации и параметры реле.</li> <li>4. Тепловые и температурные реле.</li> <li>5. Максимальные реле тока серии РТ-40.</li> <li>6. Реле минимального напряжения серии РН-54.</li> <li>7. Промежуточные реле. Реле с замедлением при срабатывании и возврате.</li> <li>8. Реле времени.</li> <li>9. Предохранители. Назначение, характеристики, выбор.</li> <li>10. Автоматические воздушные выключатели. Назначение, устройство, основные элементы.</li> <li>11. Защитные характеристики автоматических воздушных выключателей.</li> </ol> <p><b>Устные опросы:</b> <b>Устный опрос №7</b> Назначение и виды реле. Классификация реле, требования к ним, основные параметры и характеристики. Электромагнитные реле защиты и управления. Коэффициент возврата.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>Конструкции электромагнитных реле тока и напряжения, их применение. Индукционные реле. Реле направления мощности. Реле частоты. Тепловые реле. Позисторная защита двигателей.</p> <p><b>Устный опрос №8</b> Трансформаторы тока. Устройство, принцип действия, схема замещения, погрешности трансформаторов тока. Схемы включения трансформаторов тока. Трансформаторы напряжения. Назначение, основные параметры, погрешности трансформаторов напряжения.</p> <p><b>Устный опрос №9</b> Предохранители. Плавкие вставки. Выбор предохранителей. Автоматические воздушные выключатели. Токоведущие части, дугогасительная система, приводы, расцепители. Выбор автоматических выключателей.</p> <p><b>Примеры заданий к аудиторной контрольной работе №2</b> Аудиторная контрольная работа №2 – Основы теории горения и гашения электрической дуги. Магнитные цепи и электромагнитные механизмы аппаратов. Контактные аппараты. Релейные аппараты. Аппараты для измерения электрических величин. Аппараты распределительных устройств низкого и высокого напряжений. Перечень вопросов к контрольной работе:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сульфидные пленки на поверхности контактов электрических аппаратов – результат взаимодействия металла с       <ol style="list-style-type: none"> <li>а) азотом</li> <li>б) серой</li> <li>в) кислородом</li> <li>г) углеродом</li> </ol> </li> <li>2. Что из перечисленного не является требованием к материалу контактных соединений       <ol style="list-style-type: none"> <li>а) высокая электропроводность</li> <li>б) высокая теплопроводность</li> <li>в) высокая твердость для уменьшения усилия нажатия</li> <li>г) высокая твердость для уменьшения механического износа</li> </ol> </li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>3. Расстояние, на которое перемещается подвижная контактная система после касания контактов</p> <p>а) раствор б) провал в) зазор</p> <p>4. Способ гашения электрической дуги, при котором используется множество медных или железных пластин</p> <p>а) перемещение дуги б) растягивание дуги в) соприкосновение дуги с поверхностью г) деление дуги на ряд коротких</p> <p>5. Химическая формула элегаза</p> <p>а) <math>S_6H</math> б) <math>SH_6</math> в) <math>S_6F</math> г) <math>SF_6</math></p> <p>6. Класс точности трансформатора тока гарантируется для определенного значения</p> <p>а) вторичного тока цепи б) вторичного напряжения цепи в) вторичного сопротивления цепи</p> <p>7. При каком токе в электромагнитных реле возникает вибрация, ухудшающая его эксплуатационные характеристики</p> <p>а) постоянном б) переменном в) в обоих случаях</p> <p>8. Максимальное значение тока к.з., которое выключатель способен включить и отключить, оставаясь в исправном состоянии</p> <p>а) электродинамическая стойкость б) предельная коммутационная способность</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>в) термическая стойкость</p> <p>9. Автоматы с выдержкой времени при перегрузках и мгновенного срабатывания при токах короткого замыкания называют</p> <p>а) нормальными  б) быстродействующими  в) селективными  г) неселективными</p> <p>10. Что характеризует термин «величина пускателя»?</p> <p>а) допустимый ток контактов магнитного пускателя  б) допустимое напряжение контактов магнитного пускателя  в) допустимую температуру нагрева контактов магнитного пускателя  г) габаритные размеры магнитного пускателя</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

– на оценку «отлично» – студент должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку «хорошо» – студент должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку «удовлетворительно» – студент должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку «неудовлетворительно» – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.