



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. Храппин

26.01.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

Направление подготовки (специальность)
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Электроснабжение

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
заочная

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

Магнитогорск
2022 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
25.01.2022, протокол № 5

Зав. кафедрой  Г.П. Корнилов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
26.01.2022 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

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

 Н.Т. Патшин

Рецензент:
начальник ЦЭСиП ЦАО «ММК», канд.



 Н.А. Николас

Лист актуализации рабочей программы

Программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от ~~02.09.2020~~ г. № ~~1~~
Зав. кафедрой  Г.П. Корнилов

Программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от 13.10.2021 г. № 2
Зав. кафедрой  Г.П. Корнилов

Программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Г.П. Корнилов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Электрические 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 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

Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения

Надежность систем электроснабжения

Электроснабжение

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электрические 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-5.3	Составляет схемы замещения на обслуживаемом оборудовании, рассчитывает параметры режима короткого замыкания на оборудовании РУ и ЛЭП, рассчитывает и выбирает уставки и характеристики устройств РЗА
ПК-5.2	Проводит профилактические испытания и осуществляет анализ функционирования устройств релейной защиты и автоматики
ПК-5.1	Организовывает проведение аварийно-восстановительных и ремонтных работ на оборудовании подстанций

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 10,6 акад. часов;
- аудиторная – 8 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,6 акад. часов
- самостоятельная работа – 124,7 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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.	3				9,7	- 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.		2	2		16	- самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование - подготовка к устному опросу	устный опрос №2; контрольная работа №1	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу		2	2		25,7			
2. 2. Теория электрических аппаратов								
2.1 Электродинамические усилия в электрических аппаратах	3			4	32	- 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				27	- 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				24	- 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				16	- самостоятельное изучение учебной литературы; конспектирование - подготовка к устному опросу	устный опрос №6; контрольная работа №2	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3
Итого по разделу			4	99			
Итого за семестр	2	2	4	124,7		экзамен	
Итого по дисциплине	2	2	4	124,7		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Электрические 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 — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 250 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9715-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/viewer/elektricheskie-apparaty-453035?quiz#page/1> (дата обращения: 22.06.2022).

2. Сипайлова, Н. Ю. Электрические и электронные аппараты. Проектирование : учебное пособие для вузов / Н. Ю. Сипайлова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 167 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00746-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/viewer/elektricheskie-i-elektronnye-apparaty-proektirovanie-451326#page/1>

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. - ISBN 978-5-9967-1236-6. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3638.pdf&show=dcatalogues/1/1524885/3638.pdf&view=true> (дата обращения: 22.06.2022). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Юндин, М. А. Токовая защита электроустановок : учебное пособие / М. А. Юн-дин. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 288 с. — ISBN

978-5-8114-1158-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1802> (дата обращения: 22.06.2022). — Режим доступа: для авто-риз. пользователей.

3. 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, 2015. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-1800-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/61364> (дата обращения: 22.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Щербаков, Е. Ф. Электрические аппараты : учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. — 303 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00091-688-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1019416> (дата обращения: 22.06.2022). – Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

1. 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.

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

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

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 - раз-даточный 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, вы-ходом 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

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 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

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

Устный опрос №2

- Чем определяется физическая природа и направление действия ЭДУ?
- Какие основные факторы влияют на величину и направление ЭДУ между параллельными проводниками и взаимноперпендикулярными проводниками?
- Какие основные факторы влияют на величину и направление ЭДУ в кольцевом витке, катушке, в проводниках переменного сечения и при наличии ферромагнитных стен?
- Какие особенности имеют ЭДУ при переменном токе?
- 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 контрольной работе №1

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

Нагрев электрических аппаратов.

Перечень вопросов к контрольной работе:

1 К какой категории электрических аппаратов относится реактор?

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

2 Защитные свойства оболочки электрического аппарата обозначаются буквами

- а) IM
- б) IC
- в) IP
- г) IN

3 Какое климатическое условие соответствует климатическому исполнению «О»?

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

4 Категории размещения «под навесом» соответствует обозначение

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4

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

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

- 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) $F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{a}{2}$
- 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
 - 8 Причиной возникновения апериодической составляющей тока при переходных процессах в сетях высокого напряжения является
 - а) индуктивный характер цепи
 - б) емкостной характер цепи
 - в) чисто активный характер цепи
 - 9 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
 10. 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 контрольной работе №2

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

- 1 Сульфидные пленки на поверхности контактов электрических аппаратов - результат взаимодействия металла с
 - а) азотом
 - б) серой
 - в) кислородом
 - г) углеродом
- 2 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
- 3 Расстояние, на которое перемещается подвижная контактная система после касания контактов
 - а) раствор
 - б) провал
 - в) зазор
- 4 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
- 5 Химическая формула элегаза

- a) S_6H
 - б) SH_6
 - в) S_6F
 - г) SF_6
- 6 Класс точности трансформатора тока гарантируется для определенного значения
- а) вторичного тока цепи
 - б) вторичного напряжения цепи
 - в) вторичного сопротивления цепи
- 7 При каком токе в электромагнитных реле возникает вибрация, ухудшающая его эксплуатационные характеристики
- а) постоянном
 - б) переменном
 - в) в обоих случаях
- 8 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
- 9 Автоматы с выдержкой времени при перегрузках и мгновенного срабатывания при токах короткого замыкания называют
- а) нормальными
 - б) быстродействующими
 - в) селективными
 - г) неселективными
10. ¹ 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
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	<p>Перечень вопросов для промежуточной аттестации</p> <ol style="list-style-type: none">1. Основные требования к электрическим аппаратам.2. Классификация электрических аппаратов.3. Электродинамические усилия в электрических аппаратах.4. Электродинамические усилия при переменном токе.5. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов. Как проверить электрические аппараты на Электродинамическая стойкость.6. Нагрев электрических аппаратов при продолжительном режиме работы.7. Нагрев электрических аппаратов при кратковременном режиме работы.8. Нагрев электрических аппаратов при повторно-кратковременном режиме работы.9. Термическая стойкость электрических аппаратов. Проверка электрических аппаратов на термическую стойкость.10. Электрическая дуга как вид электрического разряда в газах. <p>Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации</p> <p>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>Примерные практические задания:</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																																																		
		<p data-bbox="741 236 1805 536">ЗАДАЧА 1. Токоподвод к автоматическому выключателю постоянного тока выполнен медными прямоугольными шинами сечением $b \times h$, расположенными параллельно широкой стороне друг к другу на расстоянии a и закрепленными на опорных изоляторах на расстоянии ℓ между соседними изоляторами. Выбрать размеры сечения b и h токоподводящих шин, исходя из длительного режима работы выключателя при $I_{ном}$ и его электродинамической стойкости при сквозном токе короткого замыкания $I_{кз}$ (максимальное значение пропускаемого тока). Данные для расчета представлены в табл. 2.</p> <p data-bbox="1653 544 1805 571" style="text-align: right;"><i>Таблица 2</i></p> <table border="1" data-bbox="730 579 1798 810"> <thead> <tr> <th data-bbox="730 579 880 655">Параметры</th> <th colspan="10" data-bbox="880 579 1798 619">ВАРИАНТЫ</th> </tr> <tr> <th data-bbox="730 619 880 655"></th> <th data-bbox="880 619 976 655">1</th> <th data-bbox="976 619 1072 655">2</th> <th data-bbox="1072 619 1169 655">3</th> <th data-bbox="1169 619 1265 655">4</th> <th data-bbox="1265 619 1361 655">5</th> <th data-bbox="1361 619 1458 655">6</th> <th data-bbox="1458 619 1554 655">7</th> <th data-bbox="1554 619 1650 655">8</th> <th data-bbox="1650 619 1747 655">9</th> <th data-bbox="1747 619 1798 655">10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="730 655 880 695">a, мм</td> <td data-bbox="880 655 976 695">60</td> <td data-bbox="976 655 1072 695">60</td> <td data-bbox="1072 655 1169 695">65</td> <td data-bbox="1169 655 1265 695">70</td> <td data-bbox="1265 655 1361 695">75</td> <td data-bbox="1361 655 1458 695">80</td> <td data-bbox="1458 655 1554 695">90</td> <td data-bbox="1554 655 1650 695">100</td> <td data-bbox="1650 655 1747 695">110</td> <td data-bbox="1747 655 1798 695">120</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 695 880 735">ℓ, мм</td> <td data-bbox="880 695 976 735">150</td> <td data-bbox="976 695 1072 735">160</td> <td data-bbox="1072 695 1169 735">170</td> <td data-bbox="1169 695 1265 735">170</td> <td data-bbox="1265 695 1361 735">180</td> <td data-bbox="1361 695 1458 735">180</td> <td data-bbox="1458 695 1554 735">200</td> <td data-bbox="1554 695 1650 735">200</td> <td data-bbox="1650 695 1747 735">210</td> <td data-bbox="1747 695 1798 735">210</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 735 880 775">$I_{ном}$, А</td> <td data-bbox="880 735 976 775">160</td> <td data-bbox="976 735 1072 775">200</td> <td data-bbox="1072 735 1169 775">250</td> <td data-bbox="1169 735 1265 775">400</td> <td data-bbox="1265 735 1361 775">600</td> <td data-bbox="1361 735 1458 775">800</td> <td data-bbox="1458 735 1554 775">1000</td> <td data-bbox="1554 735 1650 775">1600</td> <td data-bbox="1650 735 1747 775">2000</td> <td data-bbox="1747 735 1798 775">2500</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 775 880 810">$I_{кз}$, кА</td> <td data-bbox="880 775 976 810">55</td> <td data-bbox="976 775 1072 810">60</td> <td data-bbox="1072 775 1169 810">75</td> <td data-bbox="1169 775 1265 810">80</td> <td data-bbox="1265 775 1361 810">100</td> <td data-bbox="1361 775 1458 810">120</td> <td data-bbox="1458 775 1554 810">160</td> <td data-bbox="1554 775 1650 810">200</td> <td data-bbox="1650 775 1747 810">250</td> <td data-bbox="1747 775 1798 810">300</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1104 852 1435 879" style="text-align: center;">Методические указания</p> <p data-bbox="741 890 1805 954">1. Определение размеров сечения шин, исходя из длительного режима работы</p> $S_{дл} = \frac{I_{ном}}{j_{доп}},$ <p data-bbox="741 1054 1805 1118">где $j_{доп} = 2 \text{ А/мм}^2$ – допустимая из условий нагрева шинпровода плотность тока.</p> <p data-bbox="741 1134 1805 1273">Отношение узкой стороны сечения шинпровода к его широкой стороне b/h обычно принимается в пределах от 0,1 до 0,25. При этом размеры сечения выбираются из стандартных рядов для медного проката. Для размера b: ... 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12...мм, для размера h: ... 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120 ... мм.</p> <p data-bbox="741 1289 1805 1353">Выбранные размеры b и h должны обеспечивать сечение не менее $S_{дл}$ 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	ℓ , 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																																																										
ℓ , 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 ℓ,</p> $P_{эд} = 10^{-7} K K_{\phi} I_{КЗ}^2 \text{ ,}$ <p>где $K = \frac{2\ell}{a} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{a}{\ell}\right)^2} - \frac{a}{\ell} \right]$ – коэффициент контура;</p> <p>K_{ϕ} – коэффициент формы, определяется по кривым Двайта.</p> <p>Максимальное изгибающее механическое напряжение в шине</p> $\sigma_{\max} = \frac{P_{эд}\ell}{12W_{из}} = \frac{P_{эд}\ell}{2hb^2} \text{ ,}$ <p>где $W_{из} = \frac{hb^2}{6}$ – момент сопротивления изгибу шины, мм³.</p> <p>Если $\sigma_{\max} \leq \sigma_{доп} = 13,7 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$, то сечение медных токоподводящих шин, выбранное исходя из длительного режима работы, принимается окончательным. Если же $\sigma_{\max} > \sigma_{доп}$, то необходимо увеличить толщину шинопровода, исходя из соотношения</p> $b = \sqrt{\frac{P_{эд}\ell}{2h\sigma_{доп}}} \text{ .}$ <p>Это значение ℓ также должно выбираться из стандартного ряда.</p> <p>Устные опросы: <u>Устный опрос №1</u> Роль электрических аппаратов в электроснабжении. Общие определения и классификация электрических аппаратов. Основные требования, предъявляемые к электрическим аппаратам. <u>Устный опрос №2</u> Физическая природа ЭДУ, направление действия ЭДУ, методы расчета. ЭДУ между параллельными проводниками, взаимноперпендикулярными проводниками. ЭДУ в кольцевом витке, катушке, в проводниках</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>переменного сечения, при наличии ферромагнитных масс. ЭДУ при переменном токе. Электродинамическая стойкость электрических аппаратов.</p> <p><u>Устный опрос №3</u></p> <p>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>Перечень вопросов для промежуточной аттестации</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виды ионизации и деионизации межконтактного промежутка. 2. Способы гашения электрической дуги. 3. Электрические контакты. Переходное сопротивление контактов. 4. Конструкции электрических контактов. Параметры. 5. Электромагниты. Сила тяги электромагнитов постоянного тока. 6. Особенности электромагнитов переменного тока. 7. Предохранители. Конструкции, выбор предохранителей. 8. Измерительные трансформаторы тока. Назначение, основные параметры. 9. Погрешности трансформаторов тока. Классы точности. 10. Схемы соединения трансформаторов тока и реле. <p>Устные опросы:</p> <p><u>Устный опрос №4</u></p> <p>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> <p><u>Устный опрос №5</u></p> <p>Электромагнитные системы электрических аппаратов. Основные принципы расчета электромагнитных систем. Обмотки электромагнитов. Сила тяги электромагнитов. Тяговые и механические характеристики электромагнитов. Динамика работы электромагнитов.</p> <p><u>Устный опрос №6</u></p> <p>Электрические контакты. Переходное сопротивление контактов. Контактторы постоянного и переменного тока. Магнитные пускатели. Контактторы, пускатели с</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>использованием полупроводниковых элементов.</p> <p>Примеры заданий к аудиторной контрольной работе №1 <i>Аудиторная контрольная работа №1</i> – 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"> 1 К какой категории электрических аппаратов относится реактор? <ul style="list-style-type: none"> а) защитные аппараты б) контролирующие аппараты в) ограничивающие аппараты г) измерительные аппараты 2 Защитные свойства оболочки электрического аппарата обозначаются буквами <ul style="list-style-type: none"> а) IM б) IC в) IP г) IN 3 Какое климатическое условие соответствует климатическому исполнению «О»? <ul style="list-style-type: none"> а) умеренный климат б) общетропический климат в) общеклиматический г) тропический влажный климат 4 Категории размещения «под навесом» соответствует обозначение <ul style="list-style-type: none"> а) 1 б) 2 в) 3 г) 4 5 По какой формуле определяются электродинамические усилия между двумя

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>· проводниками?</p> <p>а) $F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a}$</p> <p>б) $F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}$</p> <p>в) $F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{a}{2}$</p> <p>6 По какой формуле определяются электродинамические усилия в проводнике с переменным сечением?</p> <p>·</p> <p>а) $F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \frac{2l}{a}$</p> <p>б) $F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}$</p> <p>в) $F = \frac{M_0}{4\pi} \cdot i^2 \cdot \ln \frac{a}{2}$</p> <p>7 Электродинамические усилия между двумя параллельными проводниками, через которых протекает переменный ток, пропорциональны</p> <p>·</p> <p>а) квадрату тока</p> <p>б) квадрату напряжения</p> <p>в) квадрату сопротивления</p> <p>г) току в 1-й степени</p> <p>8 Причиной возникновения апериодической составляющей тока при переходных процессах в сетях высокого напряжения является</p> <p>·</p> <p>а) индуктивный характер цепи</p> <p>б) емкостной характер цепи</p> <p>в) чисто активный характер цепи</p> <p>9 Температура считается установившейся, если за 1 час нагрева она изменяется</p> <p>·</p> <p>не более чем на</p> <p>а) 1° С</p> <p>б) 5° С</p> <p>в) 10° С</p> <p>г) 0,1° С</p> <p>1 Режим работы электрического аппарата, при котором за период включения</p> <p>0. аппарат не успевает нагреться до $Q_{уст}$, а за время паузы успевает остыть до $Q_{о.с.}$</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		а) продолжительный режим работы б) прерывисто-продолжительный в) кратковременный
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>Перечень вопросов для промежуточной аттестации</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Измерительные трансформаторы напряжения. 2. Магнитные пускатели. Схема управления реверсивным асинхронным двигателем. 3. Реле. Классификации и параметры реле. 4. Тепловые и температурные реле. 5. Максимальные реле тока серии РТ-40. 6. Реле минимального напряжения серии РН-54. 7. Промежуточные реле. Реле с замедлением при срабатывании и возврате. 8. Реле времени. 9. Предохранители. Назначение, характеристики, выбор. 10. Автоматические воздушные выключатели. Назначение, устройство, основные элементы. 11. Защитные характеристики автоматических воздушных выключателей. <p>Устные опросы:</p> <p><u>Устный опрос №7</u> 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.</p> <p><u>Устный опрос №8</u> Трансформаторы тока. Устройство, принцип действия, схема замещения, погрешности трансформаторов тока. Схемы включения трансформаторов тока. Трансформаторы напряжения. Назначение, основные параметры, погрешности трансформаторов напряжения.</p> <p><u>Устный опрос №9</u> Предохранители. Плавкие вставки. Выбор предохранителей. Автоматические воздушные выключатели. Токоведущие части, дугогасительная система, приводы, расцепители. Выбор автоматических выключателей.</p> <p>Примеры заданий к аудиторной контрольной работе №2 <i>Аудиторная контрольная работа №2</i> – 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</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>вопросов к контрольной работе:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Сульфидные пленки на поверхности контактов электрических аппаратов - результат взаимодействия металла с <ol style="list-style-type: none"> а) азотом б) серой в) кислородом г) углеродом 2 Что из перечисленного не является требованием к материалу контактных соединений <ol style="list-style-type: none"> а) высокая электропроводность б) высокая теплопроводность в) высокая твердость для уменьшения усилия нажатия г) высокая твердость для уменьшения механического износа 3 Расстояние, на которое перемещается подвижная контактная система после касания контактов <ol style="list-style-type: none"> а) раствор б) провал в) зазор 4 Способ гашения электрической дуги, при котором используется множество медных или железных пластин <ol style="list-style-type: none"> а) перемещение дуги б) растягивание дуги в) соприкосновение дуги с поверхностью г) деление дуги на ряд коротких 5 Химическая формула элегаза <ol style="list-style-type: none"> а) S_6H б) SH_6 в) S_6F г) SF_6 6 Класс точности трансформатора тока гарантируется для определенного значения <ol style="list-style-type: none"> а) вторичного тока цепи б) вторичного напряжения цепи в) вторичного сопротивления цепи

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>7 При каком токе в электромагнитных реле возникает вибрация, ухудшающая его эксплуатационные характеристики</p> <ul style="list-style-type: none"> а) постоянном б) переменном в) в обоих случаях <p>8 Максимальное значение тока к.з., которое выключатель способен включить и отключить, оставаясь в исправном состоянии</p> <ul style="list-style-type: none"> а) электродинамическая стойкость б) предельная коммутационная способность в) термическая стойкость <p>9 Автоматы с выдержкой времени при перегрузках и мгновенного срабатывания при токах короткого замыкания называют</p> <ul style="list-style-type: none"> а) нормальными б) быстродействующими в) селективными г) неселективными <p>1 0. Что характеризует термин «величина пускателя»?</p> <ul style="list-style-type: none"> а) допустимый ток контактов магнитного пускателя б) допустимое напряжение контактов магнитного пускателя в) допустимую температуру нагрева контактов магнитного пускателя г) габаритные размеры магнитного пускателя

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.