МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Озерский технологический институт** –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ОТИ НИЯУ МИФИ)**

## КАФЕДРА Электрификации промышленных предприятий

Актуализировано УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой ЭПП Директор ОТИ НИЯУ МИФИ

В.Н. Ивойлов И.А. Иванов

« » 20 г. « » 20 г.

### Рабочая программа ДИСЦИПЛИНЫ

*Электрические аппараты*

Направление подготовки

*13.03.02 (ОФО) – электроэнергетика и электротехника*

Профиль подготовки

*Электроснабжение*

Квалификация выпускника

*бакалавр*

Форма обучения

*очная*

г. Озерск

2022 год

**1. Цели освоения дисциплины.**

Целью изучения дисциплины является освоение основ и принципов работы электрических и электронных аппаратов (ЭЭА); изучение основных электромагнитных, тепловых и дуговых процессов в ЭЭА, структур и принципов управления ЭЭА; приобретение навыков использования физических и электротехнических законов для расчета основных типов ЭЭА.

**2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.**

Дисциплина «Электрические аппараты» входит в вариативную часть Блока 1 ООП по направлению подготовки 13.03.02. Предметом изучения дисциплины являются электрические аппараты, устанавливаемые в электроустановках, предназначенных для производства (электрические станции), передачи и распределения (электрические подстанции) электрической энергии.

В курсе рассматриваются принципы действия, конструкции и выбор электрических аппаратов. Лекции по курсу сопровождаются практическими занятиями, на которых обучающиеся закрепляют вопросы выбора аппаратов по условиям нормального и аварийного режимов работы электрических систем. На лабораторных работах студенты изучают устройство, конструктивные особенности, принцип действия аппаратов напряжением до 1000 и выше 1000 В и проводят испытания аппаратов до 1000 В.

Дисциплины, усвоение которых необходимо для изучения данного курса: «Физика» «Теоретические основы электротехники», «Электроника», «Электротехническое и конструкционное материаловедение».

Сведения из дисциплины «Электрические аппараты» являются основой для изучения дисциплин «Электрические станции и подстанции», «Системы электроснабжения городов и промышленных предприятий», используются в курсовом и дипломном проектировании, а также в практической деятельности бакалавров - электриков.

**3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Электрические аппараты»:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

|  |  |
| --- | --- |
| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
| ПК-3 Способен оформлять законченные проектно-конструкторские работы с использованием современных компьютерных технологий | З-ПК-3 Знать: технологические схемы и схемы электрических соединений и их взаимосвязь применительно к объектам профессиональной деятельности  У-ПК-3 Уметь: применять программное обеспечение, принятое к использованию, по направлению  деятельности; производить анализ проектной документации и выдавать замечания и предложения  В-ПК-3 Владеть: навыками работы с информационными средствами и технологиями при разработке проектов в рамках задач профессиональной деятельности |
| УКЕ-1 Способен использовать знания  естественнонаучных дисциплин, применять  методы математического анализа и  моделирования, теоретического и  экспериментального исследования в  поставленных задачах | З-УКЕ-1 знать: основные законы  естественнонаучных дисциплин, методы  математического анализа и моделирования,  теоретического и экспериментального  исследования  У-УКЕ-1 уметь: использовать математические  методы в технических приложениях,  рассчитывать основные числовые характеристики  случайных величин, решать основные задачи  математической статистики; решать типовые  расчетные задачи  В-УКЕ-1 владеть: методами математического  анализа и моделирования; методами решения  задач анализа и расчета характеристик  физических систем, основными приемами  обработки экспериментальных данных, методами  работы с прикладными программными  продуктами |

**4. Структура и содержание дисциплины «Электрические аппараты»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы 144 часа.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Раздел  дисциплины | Семестр | Неделя  семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Форма текущего  контроля успеваемости (по неделям семестра)  Форма промежуточной аттестации (по семестрам) | Максимальный балл раздела |
| Л | ПЗ | ЛР | СРС |
|  | **Раздел 1: Основы теории электрических аппаратов.** | **6** | **1-5** | **8** | **4** | **6** | **16** |  | **17** |
|  | Тема 1.1. Классификация электрических аппаратов.  Тема 1.2. Электрические контакты. Допустимые условия работы контактов. | 6 | 1 | 4 |  |  |  |  |  |
|  | Тема 1.3. Отключение электрических цепей.  Тема 1.4. Требования к электрическим аппаратам в нормальном и аварийном режимах. Расчетные условия для выбора. Расчетные зоны. | 6 | 2 | 4 |  |  |  |  |  |
|  | Лабораторная работа №1 | 6 | 3 |  |  | 4 | 6 | Защита ЛР | 6б |
|  | ПЗ № 1,2 Расчет токов короткого замыкания (выбор расчетной схемы, расчетных точек, расчет сопротивлений эквивалентных схем замещения). | 6 | 4 |  | 4 |  | 4 | КР | 5б |
|  | Лабораторная работа №2 | 6 | 5 |  |  | 2 | 6 | Защита ЛР | 6б |
|  | **Раздел 2: Высоковольтные аппараты.** | **6** | **6-10** | **8** | **4** | **10** | **16** |  | **23** |
|  | Тема 2.1. Высоковольтные выключатели.  ПЗ № 3. Расчет периодической составляющих тока короткого замыкания в начальный момент времени. | 6 | 6 | 2 | 2 |  |  |  |  |
|  | Лабораторная работа № 3 | 6 | 7 |  |  | 2 | 6 | Защита ЛР | 6б |
|  | Тема 2.2. Разъединители, отделители короткозамыкатели, высоковольтные предохранители. Разрядники.  Тема 2.3. Измерительные трансформаторы. Трансформаторы тока. | 6 | 8 | 4 |  |  |  |  |  |
|  | Тема 2.4. Трансформаторы напряжения.  ПЗ № 4. Расчет ударного тока КЗ и апериодической составляющих отключаемого тока.  ПЗ № 5 Расчет токов КЗ с использованием программы TKZP. | 6 | 9 | 2 | 2 |  |  | КР | 5б |
|  | Лабораторная работа № 4 | 6 | 10 |  |  | 4 | 8 | Защита ЛР | 6б |
|  | Лабораторная работа № 5 | 6 | 11 |  |  | 4 | 8 | Защита ЛР | 6б |
|  | **Раздел 3: Выбор высоковольтных электрических аппаратов.** | **6** | **12-15** | **3** | **10** |  | **17** |  | **10** |
|  | Тема 3.1. Нормальные и аварийные режимы электроустановок. Нагрев проводников при коротком замыкании. Методика расчета теплового импульса. | 6 | 12 | 2 | 2 |  | 7 |  |  |
|  | Тема 3.2. Электродинамические усилия в токоведущих частях при коротком замыкании. Выбор выключателей, разъединителей и измерительных трансформаторов.  ПЗ № 6 Выбор аппаратов и проводников по продолжительным режимам работы. | 6 | 13 | 2 |  |  |  |  |  |
|  | ПЗ№ 7 Выбор аппаратов и проводников по продолжительным режимам работы.  ПЗ № 8. Проверка электрических аппаратов по условиям короткого замыкания. | 6 | 14 |  | 4 | 1 | 6 | КР | 5б |
|  | ПЗ № 9, 10. Выбор и проверка аппаратов и измерительных трансформаторов. | 6 | 15 |  | 4 |  | 6 | КР | 5б |
|  | **Подготовка к экзамену** | 6 |  |  |  |  | **36** | Форма отчетности по семестрам - **экзамен** | **50** |
|  | **ИТОГО:** | **6** | **1-15** | **20** | **20** | **16** | **88** | **144** | **100** |

**5. Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Электрические аппараты» используются традиционные формы обучения – лекции, практические занятия, лабораторные работы.

При проведении лекционных и практических занятий используются наглядно-иллюстрационный и справочный раздаточный материалы.

**6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

В процессе обучения для оценки уровня усвоения разделов дисциплины «Общая энергетика» и результативности самостоятельной работы студентов применяются активные методы контроля:

6.1. Текущий контроль

*Цель контроля:* Регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, практических занятиях, лабораторных работах.

*Форма проведения:* На практических занятиях проводятся контрольные работы в объеме 2 часов в виде самостоятельного решения задач по теме практического занятия.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:* Планы практических занятий. Варианты контрольных работ.

6.2. Самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины.

*Цель контроля:* Результативность самостоятельной работы студента

*Форма проведения:* Консультации для студента во время которых он может оценить результаты своей самостоятельной работы при подготовке к контрольным и лабораторным работам

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

Лабораторные работы их содержание и объем

1. Изучение коммутационной аппаратуры напряжением до 1000 В – 4 часа.
2. Изучение плавких предохранителей – 2 часа.
3. Гасительные камеры масляных выключателей – 2 часа.
4. Приводы высоковольтных выключателей – 4 часа.
5. Комплектная ячейка малообъемного масляного выключателя – 4 часа.

6.3. Промежуточный контроль по окончании изучения раздела дисциплины.

*Цель контроля:* Оценка степени усвоения материала раздела.

*Форма проведения:* Прием лабораторных работ, контрольные работы.

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:* методические рекомендации по выполнения лабораторных работ методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.

6.4. Итоговый контроль

*Цель контроля:* Проверка знаний и навыков студентов, полученных на лекционных, практических занятиях, при выполнении лабораторных работ.

*Форма проведения:* Экзамен

*Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов:*

Вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине «Электрические аппараты»

для студентов группы 1Э-\_\_\_\_

1. Классификация электрических аппаратов. Применение в электроснабжении, электроприводе.
2. Переходные сопротивления контактов. Допустимые условия работы контактов.
3. Виды контактных соединений.
4. Свойство электрической дуги отключения.
5. Восстановление напряжения после отключения.
6. Понятие о километрическом эффекте.
7. Особенности отключения малых индуктивных и емкостных токов.
8. Условия работы аппаратов высокого напряжения. Основные параметры выключателей высокого напряжения.
9. Масляные выключатели. Принцип действия и дугогасительные устройства.
10. Воздушные выключатели. Принцип действия воздушных выключателей и дугогасительные устройства.
11. Элегазовые выключатели. Физико-химические свойства элегаза.
12. Вакуумные выключатели. Физические основы существования дуги в вакууме.
13. Электромагнитные выключатели. Автогазовые выключатели.
14. Разъединители. Отделители. Короткозамыкатели.
15. Высоковольтные предохранители.
16. Приводы коммутационных аппаратов.
17. Коммутационные аппараты напряжением до 1000 В: контакторы, магнитные пускатели, рубильники, предохранители.
18. Назначение измерительных трансформаторов. Принцип устройства трансформаторов тока.
19. Схемы соединения трансформаторов тока. Конструкции трансформаторов тока внутренней и наружной установки.
20. Принцип устройства трансформаторов напряжения. Схемы соединения трансформаторов напряжения.
21. Конструкции трансформаторов напряжения. Емкостные делители напряжения.
22. Нагрев проводников при коротком замыкании.
23. Методика расчета теплового импульса.
24. Электродинамические усилия в токоведущих частях при коротком замыкании.
25. Требования к электрическим аппаратам в нормальном и аварийном режимах.
26. Расчетные условия для выбора электрических аппаратов. Расчетные зоны.
27. Выбор выключателей.
28. Выбор разъединителей, отделителей, короткозамыкателей.
29. Выбор измерительных трансформаторов.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) литература:

Электрическая часть электростанций. Под ред. С.В. Усова. - М., Энергия, 1987. - 15 экз.

Электрическая часть электростанций. Под ред. А.А. Васильева. - М., Энергоатомиздат, 1989 (1980) - 30 экз.

Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. Под ред. Б.Н. Неклепаева. – М.: Изд. НЦ ЭНАС, 2001 – 50 экз.

Рожкова А.И., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. - М.,Энергия,1987-20 экз.

Электрическая часть станций и подстанций. Под ред. А.А. Васильева. - М., Энергоатомиздат, 1990 – 1 экз.

Чунихин А.А. Электрические аппараты. Общий курс. Учебник для вузов. – 3-3 изд. перераб. и доп. М:-Энергоатомиздат,1988. -720 с. ил. – 1 экз.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Программа TKZP для расчета токов короткого замыкания.

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лаборатория № 025 Электрических станций и подстанций (КРУ, КСО, УПЗ и устройство для снятия механических характеристик маломасляного выключателя, стенд для испытания контакторов, магнитных пускателей и автоматических выключателей, стенд для испытания плавких вставок предохранителей, стенд для испытания приводов высоковольтных выключателей).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по   
специальности *13.03.02 – электроэнергетика и электротехника*

Автор Ивойлов В.Н. – и.о. зав. кафедры ЭПП

Рецензенты:

Карпеев Дмитрий Леонидович – к.п.н., доцент

Программа одобрена на заседании

от 20.01.2022 года, протокол № 5.