

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические станции и подстанции

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ


| | |
|---|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.06 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 1 семестр - 3; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 108 часов |
| Лекции | 1 семестр - 16 часов; |
| Практические занятия | 1 семестр - 32 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 1 семестр - 59,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Тестирование Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 1 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Козина М.А. |
| | Идентификатор | R8e01bb45-KozinovaMA-02c34583 |

(подпись)


М.А. Козина

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Поляков А.М. |
| | Идентификатор | R4a9cc249-PoliakovAM-44585360 |


(подпись)

А.М. Поляков

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Монаков Ю.В. |
| | Идентификатор | R4bfa2851-MonakovYV-407f6fea |

(подпись)

Ю.В. Монаков

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение методов анализа технического состояния электрооборудования, методов диагностирования электрооборудования

Задачи дисциплины

- – изучение характерных дефектов и методов их определения основного силового электрооборудования электростанций и подстанций;;
- – изучение оперативных методов диагностики и традиционных электрических измерений;;
- – изучение методов оценки состояния маслонаполненного электрооборудования;
- -изучение методов оценки состояния трансформаторов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--|---|---|
| ПК-1 Способен осуществлять научно-исследовательскую деятельность применительно к электростанциям и подстанциям | ИД-1 _{ПК-1} Обрабатывает и анализирует научно-техническую информацию и результаты исследований | знать: - – методы оценки технического состояния электрооборудования;; - – виды электрических испытаний и методы диагностики силового электрооборудования;; - – характерные дефекты электрооборудования и методы их определения;. уметь: - – оценивать техническое состояние маслонаполненного электрооборудования. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрические станции и подстанции (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать - современное электрооборудование, конструкцию, принципы действия;
- знать современные приборы, используемые для диагностики электрооборудования;
- знать - конструкцию, параметры и схемы замещения электрических машин;
- знать - схемы распределительных устройств подстанций;
- знать - основные типы электрических станций, их характеристики;
- уметь – анализировать техническое состояние электрооборудования

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | | |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|---|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | |
| 1 | Раздел 1 | 6 | 1 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 2 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр. 7–21 или [2], стр. 5–20 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 7–21 [2], 5–20 | | |
| 1.1 | Основные понятия и определения методов оценки технического состояния электрооборудования | 6 | | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 2 | | - | |
| 2 | Раздел 2 | 14 | | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | |
| 2.1 | Характерные дефекты электрооборудования и методы их определения | 14 | | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр. 22–32 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 22–32 |
| 3 | Раздел 3 | 12 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | |
| 3.1 | «Традиционные» электрические измерения | 12 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | <u>Подготовка к контрольной работе:</u> [1], стр.35-39 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 35-39 |
| 4 | Раздел 4 | 12 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | |
| 4.1 | Современные методы контроля маслонаполненного оборудования. | 12 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр. 43-56; [2], стр. 26-31 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 43-56 [2], 26-31 |
| 5 | Раздел 5 | 12 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | |
| 5.1 | Газосодержание масла. Хроматографический | 12 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 6 | | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1], стр.62-75 или [2], стр. 40-49 <u>Изучение материалов литературных</u> |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|--------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|-------------|--|--|
| | анализ газов | | | | | | | | | | | источников: [1], 62-75 [2], 40-49 | |
| 6 | Раздел 6 | 10 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 4 | - | Самостоятельное изучение |
| 6.1 | Контроль деструкция твёрдой изоляции. | 10 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 4 | - | теоретического материала: [2], стр. 51-56 Изучение материалов литературных источников: [2], 51-56 |
| 7 | Раздел 7 | 12 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 6 | - | Самостоятельное изучение |
| 7.1 | Тепловизионное обследование. | 12 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 6 | - | теоретического материала: [1], стр.77-95 Изучение материалов литературных источников: [1], 77-95 |
| 8 | Раздел 8 | 12 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 6 | - | Самостоятельное изучение |
| 8.1 | Вибрационные методы диагностического контроля. | 12 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 6 | - | теоретического материала: [1], стр.102- 125 или [2], стр. 80-99 Изучение материалов литературных источников: [1], 102-125 [2], 80-99 |
| | Зачет с оценкой | 18.0 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 17.7 | |
| | Всего за семестр | 108.0 | 16 | - | 32 | - | - | - | - | 0.3 | 42 | 17.7 | |
| | Итого за семестр | 108.0 | 16 | - | 32 | - | - | - | - | 0.3 | 59.7 | | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Раздел 1

1.1. Основные понятия и определения методов оценки технического состояния электрооборудования

Технологические нарушения и отказы оборудования. Задачи диагностики. Историческое развитие диагностики электрооборудования. Основные нормативные документы, определяющие объем и периодичность диагностического контроля. Погрешности измерения, методы и подходы, повышающие достоверность диагностических оценок. Ошибки первого и второго рода.

2. Раздел 2

2.1. Характерные дефекты электрооборудования и методы их определения

Классификация дефектов. Скорость развития дефектов и периодичность контроля оборудования. Классификация методов диагностического контроля. Межремонтный контроль оборудования. Измерения без вывода оборудования из работы (под напряжением). Комплексные диагностические обследования. Непрерывный контроль оборудования (мониторинг). Достоинства и недостатки мониторинга. Концепция диагностики, принятая в российских энергетических компаниях. Методы устранения дефектов. Концепция проведения ремонтов электрооборудования по наработке и по техническому состоянию.

3. Раздел 3

3.1. «Традиционные» электрические измерения

Измерение сопротивления изоляции. Коэффициент адсорбции. Адсорбционные характеристики. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь. Классификация измерительных приборов. Их достоинства и недостатки. Влияние увлажнения, зашламления и загрязнения твердой изоляции на уровень изоляционных характеристик. Заводские значения, предельно допустимые нормативные показатели для различного оборудования. Измерение сопротивления постоянному току. Оценка диагностического состояния по результатам измерений. Корреляция результатов с другими методами диагностики. Измерение тока и потерь холостого хода силовых и измерительных трансформаторов. Достоинства и недостатки метода. Измерение сопротивления короткого замыкания трансформаторов. Деформация обмоток. Достоинства и недостатки метода контроля сопротивления КЗ. Другие методы контроля геометрии обмоток.

4. Раздел 4

4.1. Современные методы контроля маслонаполненного оборудования.

Классификация масел. Основные марки трансформаторного масла. Классификация физико-химических методов контроля трансформаторного масла. Допустимые значения показателей качества масел: свежих, после регенерации, эксплуатационных. Отбор проб масла. Основные положения методов определения показателей качества трансформаторных масел. Пробивное напряжение, влагосодержание, содержание механических примесей. Корреляция результатов. Метод мембранной фильтрации. Тангенс угла диэлектрических потерь, кислотное число, содержание антиокислительной присадки и др. Влияние температуры, влажности, коллоидов на тангенс угла диэлектрических потерь и объемное электрическое сопротивление масла. Влияние показателей качества масла на состояние твердой изоляции. Ресурс масла. Стабильность масла против окисления. Содержание серы и

сернистых соединений. Регенерация масла. Сушка масла. Сушка твердой изоляции маслонаполненного оборудования. Контроль процесса сушки.

5. Раздел 5

5.1. Газосодержание масла. Хроматографический анализ газов

Влияние показателя на надежность герметичного оборудования. Температура вспышки масла и область использования этого показателя качества масла. Хроматографический анализ газов, растворенных в масле электрооборудования. Принцип устройства газового хроматографа. Критерии контроля уровня и опасности развития дефектов маслонаполненного оборудования по результатам хроматографического анализа газов. Дефекты термического и электрического характера. Контроль старения твердой изоляции по результатам хроматографии. Выбор периодичности контроля. Возможные причины неверной трактовки результатов. Примеры результатов хроматографического контроля трансформаторов, шунтирующих реакторов, вводов, измерительных трансформаторов..

6. Раздел 6

6.1. Контроль деструкция твердой изоляции.

Определение степени полимеризации бумажной изоляции – основной критерий оценки остаточного ресурса. Определение фурановых производных. Метод жидкостной хроматографии. Влияние на концентрацию фурановых соединений внешних факторов. Влияние на степень полимеризации и ресурса твердой изоляции температуры, влажности, продуктов окисления.

7. Раздел 7

7.1. Тепловизионное обследование.

Методы измерения (контроля) температуры на поверхности токоведущих частей и баков (корпусов) оборудования. Классификация тепловизоров. Принцип устройства тепловизоров. Влияние на результат контроля температуры внешних факторов. Требования к проведению работ. Коэффициент излучения. Методика контроля состояния контактных соединений. Контроль дефектов ОПН и разрядников, измерительных трансформаторов, вводов, силовых трансформаторов, вращающихся электрических машин.

8. Раздел 8

8.1. Вибрационные методы диагностического контроля.

Современные виброанализаторы. Контроль состояния подшипников вращающихся электрических машин. Частотные характеристики. Контроль уровня вибраций шунтирующих реакторов. Контроль уровня прессовки активных элементов трансформаторов и автотрансформаторов..

3.3. Темы практических занятий

1. Классификация методов диагностического контроля;
2. Измерение сопротивления изоляции. Коэффициент адсорбции. Адсорбционные характеристики. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь;
3. Анализ различных данных по растворенным газам в баке трансформатора и выявление скрытых дефектов.;
4. Контроль старения твердой изоляции по результатам хроматографии.;
5. Определение фурановых производных. Метод жидкостной хроматографии.;

6. Методы измерения (контроля) температуры на поверхности токоведущих частей и баков (корпусов) оборудования..

3.4. Темы лабораторных работ
не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ
Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | | | | | Оценочное средство (тип и наименование) | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| Знать: | | | | | | | | | | | |
| – характерные дефекты электрооборудования и методы их определения; | ИД-1ПК-1 | + | + | | | | | | | | Тестирование/Характерные дефекты электрооборудования |
| – виды электрических испытаний и методы диагностики силового электрооборудования; | ИД-1ПК-1 | | | + | + | | | | | | Контрольная работа/Виды электрических испытаний электрооборудования |
| – методы оценки технического состояния электрооборудования; | ИД-1ПК-1 | | | | | | | + | + | + | Контрольная работа/Методы оценки технического состояния и виды ремонта силового оборудования |
| Уметь: | | | | | | | | | | | |
| – оценивать техническое состояние маслonaполненного электрооборудования | ИД-1ПК-1 | | | | + | + | | | | | Контрольная работа/Хроматографический анализ растворенных в масле газов |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Виды электрических испытаний электрооборудования (Контрольная работа)
2. Методы оценки технического состояния и виды ремонта силового оборудования (Контрольная работа)
3. Характерные дефекты электрооборудования (Тестирование)
4. Хроматографический анализ растворенных в масле газов (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №1)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей. В приложение к диплому выносится оценка за 1 семестр.

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Сви, П. М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения / П. М. Сви. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 240. - ISBN 5-283-01062-7 : 52.50. ;
2. "Объем и нормы испытаний электрооборудования", Издательство: "Сибирское университетское издательство", Новосибирск, 2008 - (240 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57318>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Acrobat Reader;
4. SmathStudio.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

7. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
8. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
9. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
10. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
11. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
12. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
13. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
14. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
15. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | ЭС-41, Учебная аудитория каф. ЭС | стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | ЭС-41, Учебная аудитория каф. ЭС | стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | ЭС-42, Компьютерный класс каф. ЭС | стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | ЭС-41, Учебная аудитория каф. ЭС | стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Компьютерный читальный зал | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | ЭС-51, Преподавательская каф. ЭС | рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, шкаф для одежды, тумба, ноутбук, компьютер персональный, холодильник |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | ЭС-21а, Помещение для учебного инвентаря | кресло рабочее, стол, стул, шкаф, шкаф для документов |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Методы оценки технического состояния электрооборудования**

(название дисциплины)

1 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Характерные дефекты электрооборудования (Тестирование)
 КМ-2 Виды электрических испытаний электрооборудования (Контрольная работа)
 КМ-3 Методы оценки технического состояния и виды ремонта силового оборудования (Контрольная работа)
 КМ-4 Хроматографический анализ растворенных в масле газов (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 6 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Раздел 1 | | | | | |
| 1.1 | Основные понятия и определения методов оценки технического состояния электрооборудования | | + | | | |
| 2 | Раздел 2 | | | | | |
| 2.1 | Характерные дефекты электрооборудования и методы их определения | | + | | | |
| 3 | Раздел 3 | | | | | |
| 3.1 | «Традиционные» электрические измерения | | | + | | |
| 4 | Раздел 4 | | | | | |
| 4.1 | Современные методы контроля маслonaполненного оборудования. | | | + | | + |
| 5 | Раздел 5 | | | | | |
| 5.1 | Газосодержание масла. Хроматографический анализ газов | | | | | + |
| 6 | Раздел 6 | | | | | |
| 6.1 | Контроль деструкция твердой изоляции. | | | | + | |
| 7 | Раздел 7 | | | | | |
| 7.1 | Тепловизионное обследование. | | | | + | |

| | | | | | |
|------------|--|----|----|----|----|
| 8 | Раздел 8 | | | | |
| 8.1 | Вибрационные методы диагностического контроля. | | | + | |
| Вес КМ, %: | | 25 | 25 | 25 | 25 |