

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: Электромеханическое преобразование энергии и методы его исследования

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
АППАРАТЫ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.10.02.01 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 3 семестр - 4; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 144 часа |
| Лекции | 3 семестр - 32 часа; |
| Практические занятия | 3 семестр - 16 часов; |
| Лабораторные работы | 3 семестр - 16 часов; |
| Консультации | 3 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 3 семестр - 77,5 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Тестирование Контрольная работа Коллоквиум | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 3 семестр - 0,5 часа; |


Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель


| | | |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Церковский Ю.Б. |
| | Идентификатор | R1eef284e-TserkovskyYB-eb5d8f9 |

Ю.Б.
Церковский**СОГЛАСОВАНО:**Руководитель
образовательной
программы

| | | |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Ширинский С.В. |
| | Идентификатор | Rac9f4bfa-ShirinskiSV-a85b725f |

С.В. Ширинский

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Киселев М.Г. |
| | Идентификатор | R572ca413-KiselevMG-f37ee096 |

М.Г. Киселев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение физических основ процессов гашения дуги в электрических аппаратах высокого напряжения, и связанных с этим конструктивных особенностей аппаратов, области их применения, изучение назначения и конструктивных особенностей оборудования, обеспечивающего контроль и измерение параметров сети высокого напряжения, защиту её в аномальных режимах.

Задачи дисциплины

- Формирование понимания о взаимосвязи физических процессов, приводящих к успешному гашению дуги в различных типах дугогасительных систем, и конструктивных особенностей соответствующих аппаратов, использующих эти принципы; о соотношении между термической и электродинамической стойкостью аппарата; о значимости другого оборудования, работающего в сетях высокого напряжения, для нормального функционирования сетей высокого напряжения как в номинальных режимах, так и в переходных и в аномальных ситуациях..

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 ставить задачи и планировать исследования и разработки, выбирать методы экспериментальной и проектной деятельности, интерпретировать и представлять результаты научных исследований и разработок | ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует знание современных средств в области электромеханических преобразователей энергии и методы их исследования и разработки | знать: - Области применения аппаратов высокого напряжения. |
| ПК-1 Способен ставить задачи и планировать исследования и разработки, выбирать методы экспериментальной и проектной деятельности, интерпретировать и представлять результаты научных исследований и разработок | ИД-2 _{ПК-1} Критически анализирует свойства современных средств в области электромеханических преобразователей энергии и возможности методов их исследования и разработки | знать: - Происходящие в аппаратах высокого напряжения процессы. уметь: - Выполнять расчет воздействий на аппарат высокого напряжения. |
| ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области профессиональной деятельности в рамках | ИД-3 _{ПК-2} Применяет методы расчёта, проектирования и конструирования электромеханических систем и их элементов | знать: - Влияние различных режимов работы на аппарат высокого напряжения. уметь: - Выбирать аппарат высокого напряжения для указанных условий работы. |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--------------------------------|--|-------------------------------------|
| сформулированной задачи | | |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электромеханическое преобразование энергии и методы его исследования (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать дисциплину «Электрические и электронные аппараты»
- знать дисциплину «Проектирование электрических аппаратов»
- уметь выполнять расчеты электромагнитных процессов в цепях

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

| № 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 | Введение | 11 | 3 | 3 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 2 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 301-306 [2], 552-557 | |
| 1.1 | Аппараты Высокого Напряжения: Классификация, основные технические параметры. | 11 | | 3 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 2 | - | | |
| 2 | Коммутационные аппараты | 59 | | 13 | 8 | 6 | - | - | - | - | - | - | 32 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Коммутационные аппараты" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Коммутационные аппараты" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 306-311.311-316 [2], 576-586,556-568,593-598,640-680,619-629,629-640,681-692 [3], 23-107,126-143,186-210,259-317 [4], 102-119,47-49,359-399,219-240 [5], 3-18 |
| 2.1 | Воздушные выключатели. | 14 | | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| 2.2 | Элегазовые выключатели | 17 | | 3 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| 2.3 | Масляные выключатели | 11 | | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| 2.4 | Вакуумные выключатели | 17 | | 3 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| 3 | Аппараты измерения | 10 | | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Аппараты измерения" |
| 3.1 | Трансформаторы тока и напряжения | 10 | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 4 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-------|----|----|----|---|---|---|---|-----|------|------|--|
| | | | | | | | | | | | | | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Аппараты измерения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Аппараты измерения"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Аппараты измерения". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: Расчет реактора Расчет трансформатора тока</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 317-323</p> |
| 4 | Аппараты защиты, экраны, КРУ | 28 | 12 | 4 | 6 | - | - | - | - | - | 6 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Аппараты защиты, экраны, КРУ"</p> |
| 4.1 | Реакторы | 11 | 3 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | 2 | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Аппараты защиты, экраны, КРУ" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> |
| 4.2 | Ограничители перенапряжений и разрядники | 5 | 3 | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Аппараты защиты, экраны, КРУ"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 323-336</p> |
| 4.3 | Экраны | 5 | 3 | - | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | |
| 4.4 | Комплектные распределительные устройства | 7 | 3 | - | 2 | - | - | - | - | - | 2 | - | |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 144.0 | 32 | 16 | 16 | - | 2 | - | - | 0.5 | 44 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 144.0 | 32 | 16 | 16 | 2 | - | - | - | 0.5 | 77.5 | | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Введение

1.1. Аппараты Высокого Напряжения: Классификация, основные технические параметры.

2. Коммутационные аппараты

2.1. Воздушные выключатели.

Механизм гашения дуги. Шунтирующие сопротивления.

2.2. Элегазовые выключатели

Особенность процесса гашения дуги. Области использования элегазовых выключателей.

2.3. Масляные выключатели

Процесс дугогашения. Достоинства и недостатки.

2.4. Вакуумные выключатели

Физика возникновения и существования дуги в вакууме. Срез тока. Область использования..

3. Аппараты измерения

3.1. Трансформаторы тока и напряжения

Погрешности измерительных трансформаторов. Конструкция и параметры трансформаторов тока и напряжения..

4. Аппараты защиты, экраны, КРУ

4.1. Реакторы

Конструкция реакторов. Основные параметры реакторов.

4.2. Ограничители перенапряжений и разрядники

Конструкция и назначение разрядников и ОПН.

4.3. Экраны

Виды и назначение экранов.

4.4. Комплектные распределительные устройства

Виды и назначение. Конструкция КРУ, достоинства, недостатки.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчёт электромагнитного трансформатора тока внутренней установки.;
2. Расчёт бетонного реактора внутренней установки.;
3. Расчёт давления в маломасляном выключателе в режиме «замкнутого пузыря».;
4. Расчёт электрической прочности разъединителя внутренней установки.;
5. Тепловой расчёт элегазового коаксиального токопровода.;
6. Расчёт распределения напряжения по опорной изоляционной конструкции..

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование переходного восстанавливающегося напряжения при неударном коротком замыкании.;
2. Изучение выключателей для комплектных распределительных устройств (вакуумного и элегазовых).;
3. Исследование погрешностей трансформаторов тока.;
4. Исследование высоковольтных выключателей (воздушного и маломасляного)..

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 | |
| Знать: | | | | | | |
| Области применения аппаратов высокого напряжения | ИД-1ПК-1 | | + | + | + | Тестирование/Дугогашение в аппаратах высокого напряжения |
| Происходящие в аппаратах высокого напряжения процессы | ИД-2ПК-1 | + | | | + | Коллоквиум/Защита лабораторных работ |
| Влияние различных режимов работы на аппарат высокого напряжения | ИД-3ПК-2 | | + | | | Тестирование/Дугогашение в аппаратах высокого напряжения |
| Уметь: | | | | | | |
| Выполнять расчет воздействий на аппарат высокого напряжения | ИД-2ПК-1 | | + | + | + | Тестирование/Общие вопросы , номинальные параметры и режимы эксплуатации |
| Выбирать аппарат высокого напряжения для указанных условий работы | ИД-3ПК-2 | | + | + | + | Контрольная работа/Особенности работы аппаратов высокого напряжения в различных режимах работы сети |

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Дугогашение в аппаратах высокого напряжения (Тестирование)
2. Общие вопросы, номинальные параметры и режимы эксплуатации (Тестирование)
3. Особенности работы аппаратов высокого напряжения в различных режимах работы сети (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Оценка выставляется с учетом семестровой составляющей согласно методике системы БАРС

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Электрические и электронные аппараты : учебник для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" : в 2 т / Ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанов . – М. : АКАДЕМИЯ, 2010 . – (Высшее профессиональное образование) . - ISBN 978-5-7695-6254-9 . Т.1 : Электромеханические аппараты / Е. Г. Акимов, [и др.] ; Ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанов . – 2010 . – 352 с. - ISBN 978-5-7695-6253-2 .;
2. Чунихин, А. А. Электрические аппараты. Общий курс : учебник для электротехнических и электроэнергетических вузов / А. А. Чунихин . – 4-е изд., стер., перепеч. с 3-его изд., 1988 г . – М. : Альянс, 2008 . – 720 с. - ISBN 978-5-903034-55-0 .;
3. Электрические аппараты высокого напряжения : Учебное пособие для вузов по специальности "Электрические аппараты" / Ред. Г. Н. Александров . – Л. : Энергоатомиздат, 1989 . – 344 с. - ISBN 5-283-04439-4 .;
4. Проектирование электрических аппаратов : Учебник для вузов по специальности "Электрические аппараты" / Ред. Г. Н. Александров . – Л. : Энергоатомиздат, 1985 . – 448 с.;
5. Аверьянова С. А.- "Теория гашения дуги в электрических аппаратах. Взаимодействие дуги отключения с газовым потоком в выключателях высокого напряжения", Издательство: "СПбГПУ", Санкт-Петербург, 2015 - (68 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=70197.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;

3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
11. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|-------------------------------------|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Е-215, Лекционная аудитория | |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Е-215, Лекционная аудитория | |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | ЭЭА-22, Лаборатория каф. "ЭМЭА" | |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Е-215, Лекционная аудитория | |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-201, Компьютерный читальный зал | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | Е-206.1, Преподавательская | парта со скамьей, стеллаж для хранения книг, стол преподавателя, стул, доска меловая |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Т-122, Кладовая | стеллаж, шкаф, шкаф для документов |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Аппараты высокого напряжения

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Общие вопросы , номинальные параметры и режимы эксплуатации (Тестирование)
- КМ-2 Дугогашение в аппаратах высокого напряжения (Тестирование)
- КМ-3 Особенности работы аппаратов высокого напряжения в различных режимах работы сети (Контрольная работа)
- КМ-4 Защита лабораторных работ (Коллоквиум)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Введение | | | | | |
| 1.1 | Аппараты Высокого Напряжения: Классификация, основные технические параметры. | | | | | + |
| 2 | Коммутационные аппараты | | | | | |
| 2.1 | Воздушные выключатели. | | + | + | + | |
| 2.2 | Элегазовые выключатели | | | + | + | |
| 2.3 | Масляные выключатели | | | + | + | |
| 2.4 | Вакуумные выключатели | | | + | + | |
| 3 | Аппараты измерения | | | | | |
| 3.1 | Трансформаторы тока и напряжения | | + | + | + | |
| 4 | Аппараты защиты, экраны, КРУ | | | | | |
| 4.1 | Реакторы | | + | + | + | |
| 4.2 | Ограничители перенапряжений и разрядники | | | + | + | |
| 4.3 | Экраны | | | | | + |
| 4.4 | Комплектные распределительные устройства | | | + | | |
| Вес КМ, %: | | | 15 | 25 | 35 | 25 |

