

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Проектирование и эксплуатация объектов энергетики (системы энергоснабжения, электрооборудование электромобилей и автомобилей с комбинированными установками, электрические аппараты станций и подстанций)

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
КОММУТАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02.03.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	9 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	9 семестр - 8 часов;
Практические занятия	9 семестр - 4 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	9 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	9 семестр - 128,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	9 семестр - 1,2 часа;
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	9 семестр - 0,3 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецова Е.А.
	Идентификатор	Re7bf1ad9-KuznetsovaYA-c9331b9

Е.А. Кузнецова

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Михеев Д.В.
	Идентификатор	Re17531c2-MikheevDV-e437ec4f

Д.В. Михеев

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Михеев Д.В.
	Идентификатор	Re17531c2-MikheevDV-e437ec4f

Д.В. Михеев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучить теоретические основы коммутационных и дуговых процессов в электрических аппаратах.

Задачи дисциплины

- освоить фундаментальные теоретические основы физических явлений, связанных с функционированием электрических аппаратов;
- приобрести навыки принятия и обоснования конкретных технических решений при расчете дугогасительных устройств.

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 применять знание особенностей и характеристик элементов электроэнергетических систем и электротехнических комплексов, способов производства, транспорта и использования электроэнергии	ИД-2ПК-1 умеет формировать прогнозы потребления электроэнергии и мощности	знать: - процессы успешной коммутации электрических цепей, физические процессы при коммутации в электрических аппаратах. уметь: - учитывать факторы, определяющие величины восстанавливающейся прочности и восстанавливающегося напряжения, составлять математические модели процессов коммутации в электрических аппаратах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Проектирование и эксплуатация объектов энергетики (системы энергоснабжения, электрооборудование электромобилей и автомобилей с комбинированными установками, электрические аппараты станций и подстанций) (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать курс "Теоретические основы электротехники", курс "Электрические аппараты низкого напряжения"
- уметь выполнять расчет переходных процессов в электрических 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	Общие закономерности при коммутации электрических цепей	23.0	9	2	-	-	-	-	-	0.2	-	20.8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Общие закономерности при коммутации электрических цепей" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с.12-32 [2], с.321-342
1.1	Общие закономерности при коммутации электрических цепей	11.1		1	-	-	-	-	-	0.1	-	10	-	
1.2	Особенности восстановления напряжения при отключении неудалённых коротких замыканиях.	11.9		1	-	-	-	-	-	0.1	-	10.8	-	
2	Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей	28.30		2	-	2	-	-	-	0.30	-	24	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с.104-125 [2], с.349-379
2.1	Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей	13.15		1	-	-	-	-	-	0.15	-	12	-	
2.2	Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах	15.15		1	-	2	-	-	-	0.15	-	12	-	
3	Физические явления	26.30		2	-	-	-	-	-	0.30	-	24	-	

	при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах												
3.1	Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах	13.15		1	-	-	-	-	-	0.15	-	12	-
3.2	Дугогасительные системы с применением магнитного дутья, дугогасительная решётка и ферромагнитная скоба. Перспективные дугогасительные системы.	13.15		1	-	-	-	-	-	0.15	-	12	-
4	Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность	28.4		2	-	2	-	-	-	0.4	-	24	-
4.1	Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность	14.2		1	-	1	-	-	-	0.2	-	12	-
4.2	Восстанавливающаяся прочность коммутационного промежутка и факторы, определяющие ее	14.2		1	-	1	-	-	-	0.2	-	12	-

Подготовка к аудиторным занятиям:
Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы
Самостоятельное изучение теоретического материала: Изучение дополнительного материала по разделу "Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность"
Изучение материалов литературных источников:
[1], с.31-45, с.141-164
[2], с.398-430

	величину.												
	Экзамен	38.0		-	-	-	-	2	-	-	0.3	-	35.7
	Всего за семестр	144.00		8	-	4	-	2	-	1.20	0.3	92.8	35.7
	Итого за семестр	144.00		8	-	4	2	1.20	0.3	128.5			

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. Общие закономерности при коммутации электрических цепей

1.1. Общие закономерности при коммутации электрических цепей

Процессы при включении электрических цепей. Электродинамические явления при включении на токи короткого замыкания. Процессы при отключении тока короткого замыкания в трёхфазных цепях..

1.2. Особенности восстановления напряжения при отключении неудалённых коротких замыканиях.

Особенности восстановления напряжения при отключении неудалённых коротких замыканиях..

2. Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей

2.1. Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей

Процессы на катоде и в прикатодной области. Термо- и автоэлектронная эмиссии с катода. Длина свободного пробега электрона, величина катодного падения напряжения и факторы, влияющие на него. Зоны в прикатодной области дуги. Баланс ионов в дуге. Процессы ионизации и деионизации. Термическая ионизация в столбе дуги и диффузия с поверхности дуги. Распределение температуры в столбе дуги. Условие гашения дуги постоянного и переменного тока. Статические характеристики дуги..

2.2. Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах

Физические процессы гашения дуги в дугогасительных устройствах аппаратов высокого напряжения: воздушных, элегазовых, масляных и вакуумных. Явление среза тока и факторы, ослабляющие его действие. Физические процессы гашения дуги в дугогасительных устройствах аппаратов низкого напряжения, дугогасительные системы с применением магнитного дутья, дугогасительная решётка и ферромагнитная скоба. Перспективные дугогасительные системы..

3. Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах

3.1. Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах

Физические процессы гашения дуги в дугогасительных устройствах аппаратов высокого напряжения: воздушных, элегазовых, масляных и вакуумных. Явление среза тока и факторы, ослабляющие его действие..

3.2. Дугогасительные системы с применением магнитного дутья, дугогасительная решётка и ферромагнитная скоба. Перспективные дугогасительные системы.

Физические процессы гашения дуги в дугогасительных устройствах аппаратов низкого напряжения, дугогасительные системы с применением магнитного дутья, дугогасительная решётка и ферромагнитная скоба. Перспективные дугогасительные системы..

4. Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность

4.1. Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность

Восстанавливающееся напряжение в одночастотном контуре. Уравнение восстанавливающегося переходного процесса и его решение, факторы, оказывающие влияние на его параметры. Восстанавливающееся напряжение в двухчастотном контуре..

4.2. Восстанавливающаяся прочность коммутационного промежутка и факторы, определяющие ее величину.

Восстанавливающаяся прочность коммутационного промежутка и факторы, определяющие ее величину: параметры токоведущего контура, материал контактных накладок, области отключаемых токов, тип дугогасительного устройства..

3.3. Темы практических занятий

1. Условие гашения дуги постоянного тока;
2. Условие гашения дуги переменного тока.

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	
Знать:						
процессы успешной коммутации электрических цепей, физические процессы при коммутации в электрических аппаратах	ИД-2 _{ПК-1}	+	+			Контрольная работа/Процессы ионизации и деионизации в столбе дуги, условия гашения дуги
Уметь:						
учитывать факторы, определяющие величины восстанавливающейся прочности и восстанавливающегося напряжения, составлять математические модели процессов коммутации в электрических аппаратах	ИД-2 _{ПК-1}			+	+	Контрольная работа/Исследование дугогасительных систем контакторов переменного и постоянного тока

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

9 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Исследование дугогасительных систем контакторов переменного и постоянного тока (Контрольная работа)
2. Процессы ионизации и деионизации в столбе дуги, условия гашения дуги (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №9)

В приложение к диплому выносятся оценка за освоение дисциплины за семестр, полученная на основании семестровой составляющей и экзаменационной составляющей.

В диплом выставляется оценка за 9 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Белкин, Г. С. Коммутационные процессы в электрических аппаратах / Г. С. Белкин. – М. : Знак, 2003. – 244 с. – ISBN 5-87789-021-2.;
2. Акимов Е. Г., Белкин Г. С., Годжелло А. Г., Дегтярь В. Г. - "Основы теории электрических аппаратов", (5-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (592 с.) <https://e.lanbook.com/book/168796>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. 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. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории	Ж-417/6, Белая	стол компьютерный, доска интерактивная,

для проведения лекционных занятий и текущего контроля	мультимедийная студия	компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-2006, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Коммутация электрических цепей

(название дисциплины)

9 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Процессы ионизации и деионизации в столбе дуги, условия гашения дуги (Контрольная работа)
- КМ-2 Исследование дугогасительных систем контакторов переменного и постоянного тока (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	8	16
1	Общие закономерности при коммутации электрических цепей			
1.1	Общие закономерности при коммутации электрических цепей		+	
1.2	Особенности восстановления напряжения при отключении неудалённых коротких замыканий.		+	
2	Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей			
2.1	Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей		+	
2.2	Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах		+	
3	Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах			
3.1	Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах			+
3.2	Дугогасительные системы с применением магнитного дутья, дугогасительная решётка и ферромагнитная скоба. Перспективные дугогасительные системы.			+
4	Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность			
4.1	Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность			+
4.2	Восстанавливающаяся прочность коммутационного промежутка и факторы, определяющие ее величину.			+
Вес КМ, %:			45	55