

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: Электрические и электронные аппараты

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
КОММУТАЦИОННЫЕ И ДУГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
АППАРАТАХ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08.08
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	8 семестр - 14 часов;
Практические занятия	8 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	8 семестр - 12 часов;
Консультации	8 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	8 семестр - 101,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	8 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	Кузнецова Е.А.
	Идентификатор	Re7bf1ad9-KuznetsovaYA-c9331b9

Е.А. Кузнецова

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: 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-6 Способен использовать методы математического анализа и компьютерного моделирования для изучения принципов функционирования и исследования характеристик и особенностей работы электрических и электронных аппаратов различного функционального назначения	ИД-4 _{ПК-6} Демонстрирует знание коммутационных и дуговых процессов в электрических аппаратах, проводит исследование электрических аппаратов	знать: - физические процессы при коммутации в электрических аппаратах; - особенности конструкции дугогасительных устройств и способы воздействия на дугу в электрических аппаратах; - процессы успешной коммутации электрических цепей; - природу столба дуги и приэлектродных областей. уметь: - составлять математические модели процессов коммутации в электрических аппаратах; - разбираться в системах дугогашения и магнитного дутья в аппаратах постоянного и переменного тока; - учитывать факторы, определяющие величины восстанавливающейся прочности и восстанавливающегося напряжения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрические и электронные аппараты (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать курс "Электрические и электронные аппараты"
- знать курс "Теоретические основы электротехники"
- 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	20	8	3	-	3	-	-	-	-	-	14	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "1.Общие закономерности при коммутации электрических цепей" и подготовка к текущему контролю
1.1	Общие закономерности при коммутации электрических цепей	20		3	-	3	-	-	-	-	-	14	-	
2	Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей	26		3	-	3	-	-	-	-	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей" и подготовка к текущему контролю
2.1	Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей	26		3	-	3	-	-	-	-	-	20	-	
3	Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах	36		4	8	4	-	-	-	-	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах" и подготовка к текущему контролю
3.1	Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах	36		4	8	4	-	-	-	-	-	20	-	
4	Восстанавливающееся напряжение на	26		4	4	4	-	-	-	-	-	14	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение

	коммутирующем элементе и восстанавливаемая электрическая прочность												дополнительного материала по разделу "Восстанавливаемое напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливаемая электрическая прочность" и подготовка к текущему контролю
4.1	Восстанавливаемое напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливаемая электрическая прочность	26	4	4	4	-	-	-	-	-	14	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	14	12	14	-	2	-	-	0.5	68	33.5	
	Итого за семестр	144.0	14	12	14	2	-	-	0.5	101.5			

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. 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. Особенности восстановления напряжения при отключении удалённых коротких замыканий..

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..

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

3.3. Темы практических занятий

1. Вольтамперная характеристика электрической дуги постоянного тока;
2. Условие гашения дуги постоянного тока;
3. Вольтамперная характеристика электрической дуги переменного тока;
4. Условие гашения дуги переменного тока;
5. Восстанавливающаяся прочность межконтактного промежутка;
6. Расчет дугогасительных систем электрических аппаратов;
7. Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе;

8. Процессы ионизации и деионизации в столбе дуги;
9. Движение электрической дуги в магнитном поле;
10. Механизм переноса тока в контактной зоне дуги.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование явления восстановления напряжения на полюсах автоматического выключателя;
2. Исследование дугогасительных систем контакторов постоянного и переменного тока;
3. Исследование автоматических выключателей.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общие закономерности при коммутации электрических цепей"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность"

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:						
природу столба дуги и приэлектродных областей	ИД-4ПК-6		+			Контрольная работа/Процессы ионизации и деионизации в столбе дуги, условия гашения дуги (КР-1, 4 неделя)
процессы успешной коммутации электрических цепей	ИД-4ПК-6	+				Лабораторная работа/Исследование дугогасительных систем контакторов переменного и постоянного тока (ЛР №11) Контрольная работа/Процессы ионизации и деионизации в столбе дуги, условия гашения дуги (КР-1, 4 неделя)
особенности конструкции дугогасительных устройств и способы воздействия на дугу в электрических аппаратах	ИД-4ПК-6			+		Контрольная работа/Движение электрической дуги в магнитном поле (КР-2, 12 неделя) Лабораторная работа/Исследование автоматических выключателей (ЛР №64) Лабораторная работа/Исследование дугогасительных систем контакторов переменного и постоянного тока (ЛР №11)
физические процессы при коммутации в электрических аппаратах	ИД-4ПК-6				+	Контрольная работа/Движение электрической дуги в магнитном поле (КР-2, 12 неделя) Лабораторная работа/Исследование явления восстановления напряжения на полюсах автоматического выключателя (ЛР №15)
Уметь:						
учитывать факторы, определяющие величины восстанавливающейся прочности и	ИД-4ПК-6				+	Контрольная работа/Движение электрической дуги в магнитном поле (КР-2, 12 неделя)

восстанавливающегося напряжения					Лабораторная работа/Исследование явления восстановления напряжения на полюсах автоматического выключателя (ЛР №15)
разбираться в системах дугогашения и магнитного дутья в аппаратах постоянного и переменного тока	ИД-4ПК-6			+	Контрольная работа/Движение электрической дуги в магнитном поле (КР-2, 12 неделя) Лабораторная работа/Исследование автоматических выключателей (ЛР №64) Лабораторная работа/Исследование дугогасительных систем контакторов переменного и постоянного тока (ЛР №11)
составлять математические модели процессов коммутации в электрических аппаратах	ИД-4ПК-6	+	+		Контрольная работа/Процессы ионизации и деионизации в столбе дуги, условия гашения дуги (КР-1, 4 неделя)

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Исследование автоматических выключателей (ЛР №64) (Лабораторная работа)
2. Исследование дугогасительных систем контакторов переменного и постоянного тока (ЛР №11) (Лабораторная работа)
3. Исследование явления восстановления напряжения на полюсах автоматического выключателя (ЛР №15) (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Движение электрической дуги в магнитном поле (КР-2, 12 неделя) (Контрольная работа)
2. Процессы ионизации и деионизации в столбе дуги, условия гашения дуги (КР-1, 4 неделя) (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

В приложение к диплому выносится оценка за освоение дисциплины за 8 семестр, полученная на основании семестровой составляющей и экзаменационной составляющей.

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. 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, 2015 - (592 с.) http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=61364;
2. Белкин, Г. С. Коммутационные процессы в электрических аппаратах / Г. С. Белкин . – М. : Знак, 2003 . – 244 с. - ISBN 5-87789-021-2 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

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/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
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. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
9. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;http://docs.cntd.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	ЭЭА-1, Лекционная аудитория каф. "ЭМЭЭА"	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	ЭЭА-11, Аудитория	шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование для экспериментов, техническая аппаратура, компьютер персональный, инвентарь учебный, книги, учебники, пособия
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	ЭЭА-20, Лаборатория коммутационных процессов	стол, стул, шкаф для хранения инвентаря, лабораторный стенд, оборудование для экспериментов, паяльное оборудование, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	ЭЭА-11, Аудитория	шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование для экспериментов, техническая аппаратура, компьютер персональный, инвентарь учебный, книги, учебники, пособия
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	ЭЭА-12, Аудитория	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, ноутбук, компьютер персональный, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ЭЭА-2б, Архив	стол, стул, документы

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Коммутационные и дуговые процессы в электрических аппаратах

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Процессы ионизации и деионизации в столбе дуги, условия гашения дуги (КР-1, 4 неделя) (Контрольная работа)
- КМ-2 Движение электрической дуги в магнитном поле (КР-2, 12 неделя) (Контрольная работа)
- КМ-3 Исследование дугогасительных систем контакторов переменного и постоянного тока (ЛР №11) (Лабораторная работа)
- КМ-5 Исследование явления восстановления напряжения на полюсах автоматического выключателя (ЛР №15) (Лабораторная работа)
- КМ-6 Исследование автоматических выключателей (ЛР №64) (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	12	12	14
1	Общие закономерности при коммутации электрических цепей						
1.1	Общие закономерности при коммутации электрических цепей		+		+		
2	Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей						
2.1	Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей		+				
3	Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах						
3.1	Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах			+	+		+
4	Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность						
4.1	Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность			+		+	
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20