

**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

**Оценочные материалы
по дисциплине
Коммутация электрических цепей**

**Москва
2025**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	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

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен применять знание особенностей и характеристик элементов электроэнергетических систем и электротехнических комплексов, способов производства, транспорта и использования электроэнергии

ИД-2 умеет формировать прогнозы потребления электроэнергии и мощности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

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)

БРС 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.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %		
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
	Срок КМ:	8	16
Общие закономерности при коммутации электрических цепей			
Общие закономерности при коммутации электрических цепей		+	
Особенности восстановления напряжения при отключении неудалённых коротких замыканиях.		+	
Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей			

Закономерности дуговых процессов в аппаратах при коммутации цепей	+	
Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах	+	
Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах		
Физические явления при процессе гашения дуги в различных дугогасительных устройствах		+
Дугогасительные системы с применением магнитного дутья, дугогасительная решётка и ферромагнитная скоба. Перспективные дугогасительные системы.		+
Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность		
Восстанавливающееся напряжение на коммутирующем элементе и восстанавливающаяся электрическая прочность		+
Восстанавливающаяся прочность коммутационного промежутка и факторы, определяющие ее величину.		+
Вес КМ:	45	55

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	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	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)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Процессы ионизации и деионизации в столбе дуги, условия гашения дуги

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 45

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту дается 2 вопроса: один на проверку знаний, другой - на проверку умений. Контрольная работа проводится в виде письменной работы. Студент должен дать письменный ответ на оба вопроса и в конце контрольного мероприятия отправить свою работу преподавателю.

Краткое содержание задания:

1. Определить величину критической длины дуги, а также ток и напряжение, соответствующие критическому режиму, при условии, что напряжение сети постоянного тока 220В, сопротивление нагрузки 0,5 Ом.
2. Баланс ионов статически горящей дуге и факторы, обеспечивающие его

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: процессы успешной коммутации электрических цепей, физические процессы при коммутации в электрических аппаратах	<ol style="list-style-type: none">1. Аппроксимирующие выражения для дуги отключения постоянного тока, их виды и области использования.2. Баланс ионов статически горящей дуге и факторы, обеспечивающие его.3. Прикатодные явления при размыкании контактов с током нагрузки. Роль термо- и автоэлектронной эмиссии на возникновение и существование дуги. Факторы, влияющие на них.4. Процесс размыкания контактов с током нагрузки. От чего зависит тип газоразрядного процесса после размыкания контактов?5. Условие гашения дуги переменного тока. Как влияет характер нагрузки (активно/индуктивной) на требование к восстанавливающейся прочности коммутационного аппарата?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Исследование дугогасительных систем контакторов переменного и постоянного тока

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 55

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент получает вопросы, готовит письменный ответ и отправляет его преподавателю.

Краткое содержание задания:

Дать письменный ответ на вопросы задания

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: учитывать факторы, определяющие величины восстанавливающейся прочности и восстанавливающегося напряжения, составлять математические модели процессов коммутации в электрических аппаратах	<ol style="list-style-type: none">1.Объяснить, ограничена ли отключающая способность контактора с применением ферромагнитной скобы.2.Объяснить, для чего один из исследуемых контакторов имеет геометрию неподвижного контакта U- образной формы.3.Объяснить, почему неподвижный контакт одного из исследуемых контакторов имеет прямую геометрию.4.Сравнить гашение дуги в разных контакторах при одинаковых условиях.5.Объяснить, почему неподвижный контакт одного из исследуемых контакторов имеет прямую геометрию.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

9 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Физика процесса гашения дуги в коммутационных аппаратах в диапазоне токов релейной нагрузки на постоянном токе. Чем ограничена возможность использования аппроксимаций статических ВАХ для этих целей?
2. Восстанавливающееся напряжение в одночастотном контуре, амплитуда и скорость восстановления. Факторы, влияющие на процесс восстановления напряжения. Влияние частоты восстанавливающегося напряжения на процесс дугогашения.
3. Определить величину первого пика напряжения, величину тока короткого замыкания на зажимах выключателя, начальную скорость восстановления напряжения и тока на выключателе при неудалённом коротком замыкании. Максимальная мощность короткого замыкания $P = 1200$ МВА, напряжение сети $U = 220$ кВ; удаление места короткого замыкания 0,5;1,0;3,0;5,0 км; удельное индуктивное сопротивление линии 0,45 Ом/км, волновое сопротивление линии $Z = 450$ Ом.

Процедура проведения

Экзамен проводится очно в аудитории по билетам. Студентам дается 60 минут на подготовку к ответу. Далее осуществляется беседа преподавателя и студента.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-1} умеет формировать прогнозы потребления электроэнергии и мощности

Вопросы, задания

- 1.1. Физика процесса гашения дуги в коммутационных аппаратах в диапазоне токов релейной нагрузки на постоянном токе. Чем ограничена возможность использования аппроксимаций статических ВАХ для этих целей?
2. Восстанавливающееся напряжение в одночастотном контуре, амплитуда и скорость восстановления. Факторы, влияющие на процесс восстановления напряжения. Влияние частоты восстанавливающегося напряжения на процесс дугогашения.
3. Определить величину первого пика напряжения, величину тока короткого замыкания на зажимах выключателя, начальную скорость восстановления напряжения и тока на выключателе при неудалённом коротком замыкании. Максимальная мощность короткого замыкания $P = 1200$ МВА, напряжение сети $U = 220$ кВ; удаление места короткого замыкания 0,5;1,0;3,0;5,0 км; удельное индуктивное сопротивление линии 0,45 Ом/км, волновое сопротивление линии $Z = 450$ Ом.
- 2.1. Явления при размыкании контактов с током нагрузки. Жидкометаллический мостик и процессы, приводящие к возникновению дуги. Минимальные параметры дугообразования.
2. Вхождение дуги в дугогасительную решётку. Механизм образования опорных точек дуги в дугогасительной решётке. Необходимое условие для образования опорных пятен на пластинах.

3. Определить среднюю длину свободного пробега электрона в атмосфере азота при давлении $P = 2 \cdot 10^5$ Па и температуре $T = 7000$ К. Концентрация молекул при нормальном давлении и температуре 0°C $N_0 = 2.7 \cdot 10^{19}$ 1/см³.
- 3.1. Физика процесса гашения дуги в коммутационных аппаратах в дугогасительной системе типа ферромагнитная скоба на постоянном токе. В чём противоречивость этих процессов и чем ограничена область её применения?.
2. Процессы при отключении не удалённого короткого замыкания. Амплитуда восстанавливающегося напряжения, время её появления. Ожидаемый ток короткого замыкания и факторы его определяющие.
3. Номинальный ток отключения выключателя $I_{\text{ном}} = 50$ кА. Определить ударный ток и величину апериодической составляющей при отключении тока короткого замыкания, если время срабатывания релейной защиты 10 мс, собственное время выключателя 40 мс, постоянная времени затухания апериодической составляющей 45 мс.
- 4.1. Процессы, протекающие на катоде после перехода тока дуги через нуль, определяющие начальную восстанавливающуюся прочность. Влияние тока отключения на величину начальной восстанавливающейся прочности.
2. Условие гашения дуги постоянного тока. Баланс носителей в столбе дуги, процессы ионизации и деионизации в столбе дуги и факторы, определяющие их.
3. Определить частоту, ток короткого замыкания за выключателем и скорость восстановления напряжения на выключателе, установленном за трансформатором, если $P = 5000$ МВА; напряжение $U = 220$ кВ; ёмкость фазы трансформатора на землю $C = 2000$ пФ. Нейтраль не заземлена.
- 5.1. Механизм возникновения и существования дуги в вакууме. Явление среза тока и условия гашения дуги.
2. Процессы на катоде после перехода тока дуги через нуль, определяющие начальную восстанавливающуюся прочность. Процессы, протекающие в зоне положительного объёмного заряда и зоне ионизации.
3. Определить частоту и коэффициент амплитуды переходного восстанавливающегося напряжения при отключении короткого замыкания у выключателя, если индуктивность цепи составляет $L = 0.005$ Гн, ёмкость на землю $C = 2500$ пФ, активное сопротивление $R = 0.5$ Ом.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое коммутация электрических цепей?

Ответы:

- а) изменение соединений в электрических цепях (включение, отключение и переключение их отдельных частей), выполняемое при помощи специальной аппаратуры
- б) режим, возникающий в электрической цепи при переходе от одного стационарного состояния к другому
- в) электрическое соединение двух точек электрической цепи с различными значениями потенциала, не предусмотренное конструкцией устройства и нарушающее его нормальную работу
- г) величина, характеризующая противодействие электрической цепи электрическому току

Верный ответ: а

2. В цепях с каким родом тока проще погасить электрическую дугу?

Ответы:

- а) постоянного тока
- б) переменного тока
- в) гашение дуги не зависит от рода тока
- г) электрическую дугу не нужно гасить

Верный ответ: б

3. Выберите условие успешного гашения дуги на постоянном токе.

Ответы:

- а) температура дуги должна линейно уменьшаться
- б) индукция магнитного поля, создаваемого дугой, должна быть больше индукции магнитного поля, создаваемого источником
- в) давление дуги равно атмосферному давлению
- г) вольтамперная характеристика дуги лежит выше реостатной характеристики коммутируемой цепи

Верный ответ: г

4. Что такое восстанавливающаяся прочность?

Ответы:

- а) способность подвижного контакта сопротивляться электродинамическим усилиям в процессе размыкания
- б) способность подвижного контакта сопротивляться электродинамическим усилиям в процессе замыкания
- в) нарастающая электрическая прочность межконтактного промежутка в процессе отключения цепи
- г) тепловая прочность материала контактов в течение горения дуги

Верный ответ: в

5. Что такое восстанавливающееся напряжение?

Ответы:

- а) напряжение на коммутирующем элементе аппарата, нарастающее в процессе отключения цепи
- б) напряжение на источнике после коммутации цепи
- в) напряжение на нагрузке после коммутации цепи
- г) минимальное напряжение, которое должно быть приложено к коммутирующему элементу аппарата, чтобы он начал проводить ток

Верный ответ: а

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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