

**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: Распределительные электрические сети

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Токи короткого замыкания**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

М.А.
Козина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Валянский А.В.
	Идентификатор	R98c29a50-ValianskyAV-a927df5b

А.В.
Валянский

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шаров Ю.В.
	Идентификатор	R324da3b6-SharovYurV-0bb905bf

Ю.В. Шаров

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-2 Способен применять знание способов производства, транспорта и использования электроэнергии

ИД-2 Демонстрирует знание основ управления процессами производства, транспорта и использования электроэнергии

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет методом типовых кривых (Расчетно-графическая работа)
2. Расчет периодической составляющей тока короткого замыкания (Контрольная работа)
3. Расчет тока КЗ в произвольный момент времени (Контрольная работа)
4. Расчет тока несимметричного КЗ (Расчетно-графическая работа)
5. Расчет тока трехфазного КЗ в начальный момент времени (Расчетно-графическая работа)
6. Составление схем замещения для расчета токов КЗ (Тестирование)

БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	5	7	8	9	12
Раздел 1							
Общие сведения об коротких замыканиях.	+	+	+				
Раздел 2							
Переходный процесс при трёхфазном коротком замыкании в электрической цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения	+	+	+				
Раздел 3							
Составление расчетной схемы и схемы замещения	+	+	+				
Раздел 4							

Определение начального действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания от электрических машин		+		+	+	
Раздел 5						
Практические методы расчёта действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания		+		+	+	
Раздел 6						
Особенности расчётов несимметричных коротких замыканий. Расчёты несимметричных коротких замыканий						+
Вес КМ:	10	20	15	20	15	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

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-2	ИД-2ПК-2 Демонстрирует знание основ управления процессами производства, транспорта и использования электроэнергии	Знать: •методы расчета трехфазных коротких замыканий, особенности расчета несимметричных коротких замыканий Уметь: •рассчитывать токи трехфазных рассчитывать несимметричные короткие замыкания	Составление схем замещения для расчета токов КЗ (Тестирование) Расчет периодической составляющей тока короткого замыкания (Контрольная работа) Расчет тока трехфазного КЗ в начальный момент времени (Расчетно-графическая работа) Расчет тока КЗ в произвольный момент времени (Контрольная работа) Расчет методом типовых кривых (Расчетно-графическая работа) Расчет тока несимметричного КЗ (Расчетно-графическая работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Составление схем замещения для расчета токов КЗ

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: 30 мин

Краткое содержание задания:

.Какое направления считается положительным токов и ЭДС

Контрольные вопросы/задания:

Знать: •методы расчета трехфазных замыканий, особенности несимметричных замыканий	расчета коротких замыканий	1.Что необходимо учитывать при составлении расчетной схемы 2.Как определяется ударный коэффициент 3.Какие аппараты имеют схему замещения в виде трехлучевой звезды 4.. Какие аппараты имеют схему замещения в виде ЭДС и сопротивления
---	----------------------------	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Ответы все верны

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Ответы верны на 75 %

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Ответы верны на 50%

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Нет правильных ответов

КМ-2. Расчет периодической составляющей тока короткого замыкания

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: 1,5 часа

Краткое содержание задания:

Определить параметры короткого замыкания: периодическую составляющую тока в начальный момент КЗ и ударный ток.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: •методы расчета трехфазных замыканий, особенности расчета	расчета коротких замыканий	1.Что необходимо учитывать при составлении расчетной схемы 2.Какими преимуществами обладает система
--	----------------------------	--

несимметричных замыканий	коротких	относительных единиц перед системой именованных единиц 3.Какие аппараты имеют схему замещения в виде трехлучевой звезды
Уметь: рассчитывать токи трехфазных		1.При трехфазном КЗ в точке К2 определить периодическую составляющую тока КЗ при $t=0.3$ с. Система: $S_{ном} = 600 \text{ МВ} \times \text{А}$; $X_{уд}=0.8$ линия W1: $l = 40 \text{ км}$; $X_{уд} = 0,4 \text{ Ом/км}$; $R_{уд}=0,15 \text{ Ом/км}$. Линия W2: $l = 5 \text{ км}$; $X_{уд} = 0,42 \text{ Ом/км}$; $R_{уд}= 0,17 \text{ Ом/км}$. Трансформатор Т1: $S_{ном} = 63 \text{ МВ} \times \text{А}$; $u_k = 11\%$, $n_T=230/38,5 \text{ кВ}$; $x/r = 23$. Трансформатор Т2: $S_{ном} = 32 \text{ МВ} \times \text{А}$; $u_k = 12\%$; $n_T=36/10,5 \text{ кВ}$; $x/r = 17$. Генератор G: $P_{ном} = 20 \text{ МВт}$; $\cos\phi_{ном} = 0,8$; $U_{ном}=10 \text{ кВ}$; $X_d = 0,143$; $X_2 = 0,174$; $T_a(3) = 0,21 \text{ с}$; $P_o / P_{ном} = 0,9$. Нагрузка: $S_{нг} = 25 \text{ МВ} \times \text{А}$. $X_{уи} = 0,8$.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения задания: Расчеты все верны

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения задания: Расчеты верны на 75%

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения задания: Расчеты верны на 55%

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения задания: Расчеты не выполнены

КМ-3. Расчет тока трехфазного КЗ в начальный момент времени

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение - 2 недели с момента выдачи задания

Краткое содержание задания:

Что такое расчетная схема

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета трехфазных замыканий, особенности расчета несимметричных замыканий	коротких замыканий	коротких замыканий	1.Что такое схема замещения
--	--------------------	--------------------	-----------------------------

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено, есть замечания и ошибка

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Выполнено с ошибками

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Не выполнено, значительные ошибки

КМ-4. Расчет тока КЗ в произвольный момент времени

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: 1 час

Краткое содержание задания:

Расчет трехфазного тока КЗ в произвольный момент времени

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: •рассчитывать токи трехфазных	1. При трёхфазном коротком замыкании в точке К исходной схемы определить периодическую составляющую тока короткого замыкания в момент времени 0,1-0,5 с, используя метод типовых кривых 2. Используя метод типовых кривых определить при трёхфазном коротком замыкании в точке К исходной схемы периодическую составляющую тока короткого замыкания в момент времени 0,1-0,5 с, Из расчётной схемы исключить все нагрузочные ветви и ветви, содержащие асинхронные двигатели.
--------------------------------------	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: КР выполнена полностью

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Не определена удаленность

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: небольшие ошибки в расчетах

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Ошибки в расчетах

КМ-5. Расчет методом типовых кривых

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: 2 недели от выдачи задания

Краткое содержание задания:

Расчет индуктивных сопротивлений расчетной схемы . Периодическая составляющая определяется в произвольный момент времени

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: •рассчитывать токи трехфазных	1.При трёхфазном коротком замыкании в точке К исходной схемы определить периодическую составляющую тока короткого замыкания в момент времени 0,1-0,5 с, используя метод типовых кривых 2.Используя метод типовых кривых определить при трёхфазном коротком замыкании в точке К исходной схемы периодическую составляющую тока короткого замыкания в момент времени 0,1-0,5 с, Из расчётной схемы исключить все нагрузочные ветви и ветви, содержащие асинхронные двигатели.
--------------------------------------	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: ТР выполнена полностью

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Имеются ошибки в нахождении удаленности

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: имеются ошибки в расчетах

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Грубые ошибки в расчетах

КМ-6. Расчет тока несимметричного КЗ

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: 2 недели от выдачи задания

Краткое содержание задания:

Определить напряжение на выводах генератора в начальный момент однофазного КЗ на землю в точке К.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать несимметричные короткие замыкания	1.Рассчитать ток и напряжение при однофазном КЗ в заданной точке схемы $K(1)$. ($t = 0$). Построить векторную диаграмму токов в точке М 2.Определить токи в нейтральных трансформаторов $T1$ и $T2$ в начальный момент однофазного КЗ в точке $K(1)$, построить векторные диаграммы на выводах
---	---

	<p>генератора. 3. Определить, в какой момент времени ток при двухфазном КЗ на землю в точке $K(1,1)$ имеет такое же значение, что и ток через 1,5 с при однофазном КЗ в той же точке.</p>
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Полностью выполнены расчеты и построена векторная диаграмма

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Полностью выполнены расчеты, но не построена векторная диаграмма

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Ошибки в расчетах и векторной диаграмме

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Грубые ошибки а расчетах

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Двухфазное КЗ на землю. Граничные условия, основные соотношения для симметричных составляющих тока и напряжения, векторные диаграммы тока и напряжения в месте КЗ, комплексная схема замещения.
2. Способы расчета постоянной времени T_a .
3. Определить ток в неповрежденной фазе трансформатора через 0,2 с после момента возникновения двухфазного короткого замыкания на землю в точке К.
Генератор G:
 $P_{\text{ном}} = 200 \text{ МВт}$; $U_{\text{ном}} = 18 \text{ кВ}$; $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,8$; До КЗ генератор работал с номинальной нагрузкой.
Трансформатор T: $S_{\text{ном}} = 250 \text{ МВ} \times \text{А}$; $n_T = 230/18 \text{ кВ}$; $i_k = 11\%$;
Y0/D-11.

Процедура проведения

Время подготовки ответа – 60 минут

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-2} Демонстрирует знание основ управления процессами производства, транспорта и использования электроэнергии

Вопросы, задания

- 1.1. Основные допущения, принимаемые при исследовании электромагнитных переходных процессов в энергосистемах.
2. Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании в цепи без трансформаторов, подключенной к источнику синусоидального напряжения.
3. Принцип перехода от трехфазной системы координат (A, B, C) к системе координат $d, q, 0$.
4. Дифференциальные уравнения переходных процессов синхронных машин (уравнения Парка-Горева). Понятие о трансформаторной ЭДС и ЭДС вращения.
5. Схема расположения контуров синхронной машины относительно системы координат $d, q, 0$. Выражения для потокосцеплений различных обмоток синхронной машины с демпферными контурами.
9. Синхронная машина без демпферных контуров в начальный момент короткого замыкания. Определение начального значения периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания от синхронной машины. Векторная диаграмма напряжений и токов. Схема замещения синхронной машины без демпферных контуров.
10. Синхронная машина с демпферными контурами в начальный момент короткого замыкания. Расчет начального значения периодической составляющей тока короткого замыкания от синхронной машины. Векторные диаграммы напряжений и токов до короткого замыкания и в начальный момент короткого замыкания. Схемы замещения синхронной машины с демпферными контурами по продольной и поперечной осям.

Определение поперечной и продольной сверхпереходных ЭДС синхронной машины с демпферными контурами из векторной диаграммы.

11. Понятие об ударном токе короткого замыкания. Методы определения ударного коэффициента.
12. Методика расчета апериодической составляющей тока короткого замыкания при сложной расчетной схеме. Методы определения эквивалентной постоянной времени.
13. Влияние и учет нагрузки в начальный момент короткого замыкания.
14. Расчёт тока симметричного трехфазного короткого замыкания в произвольный момент времени аналитическим способом.
15. Расчёт тока несимметричного короткого замыкания в произвольный момент времени аналитическим способом.
16. Сущность метода типовых кривых. Порядок расчета тока короткого замыкания с использованием этого метода.
17. Расчет тока короткого замыкания в схеме с несколькими генераторами при использовании метода типовых кривых.
18. Применение метода типовых кривых для расчета несимметричных коротких замыканий.
19. Определение удалённости точки несимметричного короткого замыкания от синхронной машины при расчёте тока короткого замыкания методом типовых кривых.
20. Однофазное короткое замыкание. Граничные условия. Основные соотношения для симметричных составляющих токов и напряжений. Векторные диаграммы напряжений и токов. Комплексные схемы замещения (точная и приближенная).
21. Двухфазное короткое замыкание на землю. Граничные условия. Основные соотношения для симметричных составляющих токов и напряжений. Векторные диаграммы токов и напряжений в месте короткого замыкания. Комплексная схема замещения.
22. Двухфазное короткое замыкание. Граничные условия. Основные соотношения для симметричных составляющих токов и напряжений. Векторные диаграммы напряжений и токов в месте короткого замыкания. Комплексная схема замещения.
23. Правило эквивалентности тока прямой последовательности при несимметричных коротких замыканиях и основанное на нем следствие.
24. Особенности схем замещения нулевой последовательности. Порядок их составления (привести пример).
25. Эпюры распределения симметричных составляющих напряжений в простейшей электрической цепи при коротких замыканиях разных видов.
26. Соотношение токов однофазного, двухфазного и трёхфазного короткого замыкания при коротких замыканиях в одной и той же точке.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Понятие «обобщенная нагрузка» включает в себя
 - 1 – удаленная система
 - 2 – удаленные электродвигатели
 - 3 – удаленные генераторы
 - 4 – удаленные потребители
 - 5 – удаленные трансформаторы

Ответы:

(Правильный ответ – 2, 4)

2. Для расчета несимметричного короткого замыкания с использованием метода симметричных составляющих необходимо определить следующие составляющие

- 1 – три составляющих ЭДС и три составляющих напряжения в месте короткого замыкания.
- 2 – три составляющих тока короткого замыкания и три составляющих напряжения в месте короткого замыкания.
- 3 - три составляющих тока короткого замыкания
- 4 - три составляющих напряжения в месте короткого замыкания.
- 5 – три составляющих тока короткого замыкания и три составляющих ЭДС в месте короткого замыкания.

Ответы:

(Правильный ответ – 2)

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: правильно выполнено практическое задание и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных процессов и явлений или решения задач

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для оценки 3 («удовлетворительно»)

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносятся оценки за 6 семестр.