

**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: Заочная

**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	АНТОНОВ А.А.
	Идентификатор	R3781d247-AntonovAAn-408b93cf

А.А. Антонов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

В.Н.
Тульский

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Монаков Ю.В.
	Идентификатор	R4bfa2851-MonakovYV-407f6fea

Ю.В.
Монаков

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: Защита задания

1. Защита расчетного задания (Решение задач)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)

2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

3. Расчетное задание (Расчетно-графическая работа)

БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Раздел 1					
Общие сведения об электромагнитных переходных процессах		+	+	+	+
Раздел 2					
Переходный процесс при трёхфазном коротком замыкании в электрической цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения		+	+	+	
Раздел 3					
Уравнения электромагнитных переходных процессов в синхронной машине		+	+	+	+
Раздел 4					
Расчёт начального действующего значения периодической составляющей тока короткого замыкания		+	+	+	

Раздел 5				
Изменение во времени действующего значения тока короткого замыкания от синхронной машины	+	+	+	+
Раздел 6				
Практические методы расчёта периодической составляющей тока короткого замыкания	+	+	+	+
Раздел 7				
Расчёты несимметричных коротких замыканий	+	+	+	+
Раздел 8				
Короткие замыкания в электроустановках напряжением до 1 кВ			+	+
Вес КМ:	25	30	25	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 токов трехфазных КЗ в ненулевой момент времени методы расчета токов несимметричных КЗ методы расчета токов трехфазных КЗ в нулевой момент времени Уметь: объяснять осциллограммы переходных процессов при КЗ, форсировке возбуждения синхронных машин, гашении их магнитного поля и включении в сеть трансформатора с разомкнутой вторичной обмоткой использовать компьютерные программы для расчета КЗ рассчитывать значения токов трехфазных и	Контрольная работа №1 (Контрольная работа) Расчетное задание (Расчетно-графическая работа) Защита расчетного задания (Решение задач) Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

		несимметричных КЗ	
--	--	-------------------	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контрольная работа №1

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

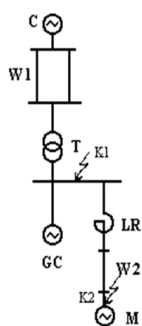
Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа по определению периодической составляющей тока короткого замыкания ($I_{п0}$) и ударного тока короткого замыкания ($i_{уд}$)

Краткое содержание задания:

Вариант 1

Определить параметры короткого замыкания: периодическую составляющую тока в начальный момент КЗ и ударный ток. Расчетная точка КЗ - К1.



Система: $S_{ном} = 600 \text{ МВ} \cdot \text{А}$; $X_{с(ном)} = 1,5$.
 Линия W1: $l = 20 \text{ км}$; $X_{уд} = 0,42 \text{ Ом/км}$;
 $R_{уд} = 0,18 \text{ Ом/км}$.
 Линия W2: $l = 2,0 \text{ км}$;
 $X_{уд} = 0,09 \text{ Ом/км}$; $R_{уд} = 0,89 \text{ Ом/км}$.
 Трансформатор T: $S_{ном} = 16 \text{ МВ} \cdot \text{А}$; $u_k = 10,5 \%$;
 $m = 36,7/6,6 \text{ кВ}$; $\Delta P_k = 85 \text{ кВт}$.
 Синхронный компенсатор GC: $S_{ном} = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$;
 $U_{ном} = 6,3 \text{ кВ}$; $X_{d(ном)}^* = 0,2$; $X_{2(ном)}^* = 0,24$;
 $S_o / S_{ном} = 0,8$; $R = 0,016 \text{ Ом}$.
 Двигатель M: $P_{ном} = 8 \text{ МВт}$; $\cos \phi_{ном} = 0,9$;
 $U_{ном} = 6 \text{ кВ}$; $P_o / P_{ном} = 0,9$; $I_{п} / I_{ном} = 6$;
 $M_{п} / M_{ном} = 0,9$.
 Реактор LR: $I_{ном} = 630 \text{ А}$; $U_{ном} = 5,6 \text{ кВ}$;
 $\Delta P_k = 2,5 \text{ кВт}$; $X_p = 0,25 \text{ Ом}$.

Для индивидуальной расчетной схемы, пример представлен на рисунке, определить периодическую составляющую тока короткого замыкания в начальный момент времени и ударный ток короткого замыкания

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета токов трехфазных КЗ в нулевой момент времени	1.составить схему замещения для определения периодической составляющей тока короткого замыкания 2.составить схему замещения для определения ударного тока короткого замыкания
Уметь: рассчитывать значения токов трехфазных и несимметричных КЗ	1.определить индуктивные сопротивления схемы замещения 2.определить активные сопротивления схемы замещения 3.провести эквивалентирование исходной расчетной схемы замещения для определения тока короткого замыкания 4.определить периодическую составляющую тока короткого замыкания ($I_{п0}$) 5.определить ударный ток короткого замыкания ($i_{уд}$)

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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

КМ-2. Расчетное задание

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение расчетного задания на определение периодического и ударного токов КЗ для типовых схем подстанций и электростанций

Краткое содержание задания:

Обучаемому выдается индивидуальный вариант задания, состоящих из трех цифр. Для выданного варианта задания:

1. составить расчетную схему (цифра №1 задания);
2. сформировать исходные данные по оборудованию расчетной схемы (цифра №2 задания);
3. определить точку короткого замыкания (цифра №3 задания);
4. составить схему замещения и рассчитать периодическую составляющую тока короткого замыкания в начальный момент времени;
5. составить схему замещения и рассчитать ударный ток короткого замыкания.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета токов трехфазных КЗ в нулевой момент времени	1.Составить схему замещения для расчета значения периодической составляющей тока короткого замыкания 2.Составить схему замещения для расчета значения ударного тока короткого замыкания
Уметь: рассчитывать значения токов трехфазных и несимметричных КЗ	1.определить индуктивные сопротивления схемы замещения для трехфазного короткого замыкания; 2.определить активные сопротивления схемы замещения для трехфазного короткого замыкания; 3.провести корректное эквивалентирование исходных схем замещения; 4.определить составляющие тока короткого замыкания с отличием не более 5% от эталонных значений

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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

КМ-3. Защита расчетного задания

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Защита расчетного задания. Средняя оценка с округлением до целого балла

Краткое содержание задания:

Решение задачи расчетного задания с использованием компьютерного программного обеспечения, ответы на контрольные вопросы преподавателя

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета токов несимметричных КЗ	1.(Блок-3) расчетные формулы для определения сопротивлений прямой и нулевой последовательности 2.(Блок-3) факторы, влияющие на значение сопротивлений и проводимостей линии электропередачи
Знать: методы расчета токов трехфазных КЗ в ненулевой момент времени	1.(Блок-2) схема замещения синхронной машины без учета демпферных контуров 2.(Блок-2) схема замещения синхронной машины с учетом демпферных контуров; 3.(Блок-2) составляющие и характер изменения во времени напряжения на выводах статорной обмотки синхронной машины 4.(Блок-2) составляющие и характер изменения во времени тока статорной обмотки синхронной машины 5.(Блок-2) составляющие и характер изменения во времени тока и напряжения обмотки возбуждения синхронной машины 6.(Блок-2) влияние автоматического регулятора возбуждения на характер изменения токов и напряжений синхронной машины
Знать: методы расчета токов	1.(Блок-1) способы параметризации элементов

трехфазных КЗ в нулевой момент времени	расчетной схемы трехфазного короткого замыкания с использованием специальной компьютерной программы 2.(Блок-1) методика расчета трехфазного короткого замыкания 3.(Блок-4) составление схемы замещения нулевой последовательности элементов 4.(Блок-4) режим нейтрали силовых трансформаторов и его влияние на ток несимметричного короткого замыкания 5.(Блок-4) дорасчет параметров нулевой последовательности элементов при параметризации расчетной схемы 6.(Блок-4) способы учёта сопротивлений взаимной индукции нулевой последовательности линий электропередачи, проходящих в одном коридоре
Уметь: использовать компьютерные программы для расчета КЗ	1.(Блок-4) параметризация элементов расчетной схемы для расчета несимметричного короткого замыкания 2.(Блок-4) настройка параметров расчета несимметричного короткого замыкания 3.(Блок-4) расчет токов при несимметричном коротком замыкании в различных элементах расчетной схемы 4.(Блок-4) расчет напряжений при несимметричном коротком замыкании в различных узлах расчетной схемы 5.(Блок-4) документирование результатов расчета несимметричного короткого замыкания
Уметь: объяснять осциллограммы переходных процессов при КЗ, форсировке возбуждения синхронных машин, гашении их магнитного поля и включении в сеть трансформатора с разомкнутой вторичной обмоткой	1.(Блок-2) разработка расчетной модели с использованием специальной программы 2.(Блок-2) анализ осциллограмм токов и напряжений синхронной машины 3.(Блок-2) документирование результатов математического моделирования переходных процессов при коротком замыкании синхронной машины
Уметь: рассчитывать значения токов трехфазных и несимметричных КЗ	1.(Блок-1) разработать топологическую модель расчетной схемы в компьютерной программе 2.(Блок-1) произвести ввод необходимых исходных данных в элементы расчетной модели 3.(Блок-1) выполнить настройку параметров расчета трехфазного короткого замыкания в компьютерной программе 4.(Блок-1) задокументировать результаты расчета трехфазного короткого замыкания 5.(Блок-3) дорасчет и параметризация расчетного модуля компьютерной программы геометрическими данными линии электропередачи 6.(Блок-3) параметризации свойств проводников и слоёв изоляции, входящих в состав линии электропередачи

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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

КМ-4. Контрольная работа №2

Формы реализации: Письменная работа

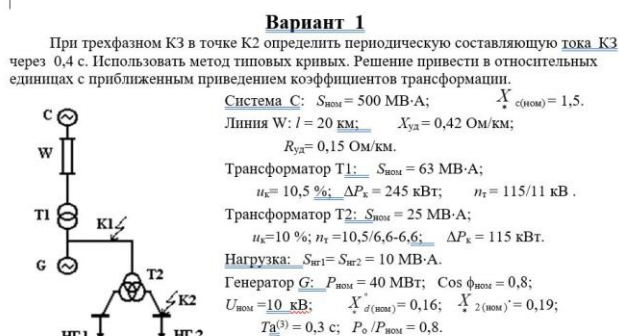
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменная контрольная работа по определению периодического тока короткого замыкания в ненулевой момент времени, отсчитываемого от начала короткого замыкания (I_{пт})

Краткое содержание задания:

Для индивидуальной расчетной схемы, пример представлен на рисунке, определить периодическую составляющую тока короткого замыкания в ненулевой момент времени по методу типовых кривых



Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета токов несимметричных КЗ	1.Составить расчетную схему замещения для определения тока короткого замыкания
Знать: методы расчета токов трехфазных КЗ в ненулевой момент времени	1.определить случай (I, II, III, IV) или комбинацию нескольких случаев, используемый (-ые) при расчете тока короткого замыкания по методу типовых кривых
Уметь: объяснять осциллограммы переходных процессов при КЗ, форсировке	1.определить сопротивления схемы замещения 2.определить ЭДС источников в схеме замещения 3.применить типовые кривые для определения

возбуждения синхронных машин, гашении их магнитного поля и включении в сеть трансформатора с разомкнутой вторичной обмоткой	коэффициента уменьшения периодической отставляющей тока короткого замыкания
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Ошибки отсутствуют или имеются 1-2 ошибки из разряда опечаток, неточностей

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Схема замещения, расчет базисных условий - без ошибок. Имеются 1 серьезная ошибка или 3 и более опечаток или неточностей

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Имеются ошибки в схеме замещения и при расчете базисных условий. Имеются 2 и более серьезных ошибок при определении сопротивлений элементов расчетной схемы.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Множественные ошибки в схеме замещения, расчете базисных условий, при определении сопротивлений элементов расчетной схемы.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Экзаменационный билет имеет 3 вопроса.

Вопрос #1 выбирается из раздела дисциплины “Теория расчета электромагнитных переходных процессов”. Например, “Уравнения синхронной машины в фазных координатах. Собственные и взаимные индуктивности обмоток. Трудности их решения”.

Вопрос #2 выбирается из раздела “Методы расчета коротких замыканий”. Например, “Двухфазное короткое замыкание. Граничные условия. Соотношения для определения токов и напряжений последовательностей. Векторная диаграмма токов и напряжений в месте короткого замыкания. Комплексная схема замещения двухфазного короткого замыкания”

Вопрос #3 - задача на расчет несимметричного короткого замыкания и построение векторной диаграммы напряжений и токов.

Процедура проведения

Экзамен в устной форме по билетам. Время на подготовку 60 минут. Время на устный ответ - не более 15 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. Вопрос #1. Допущения, применяемые при исследовании электромагнитных переходных процессов.
2. Вопрос #2. Расчет токов короткого замыкания по методу типовых кривых.
3. Вопрос #3. Задача

Материалы для проверки остаточных знаний

1. При коротких замыканиях рядом с местом короткого замыкания наблюдается:

Ответы:

- А) Уменьшение фазных токов в ветвях и напряжений в узлах сети;
- Б) Увеличение фазных токов в ветвях и напряжений в узлах сети;
- В) Увеличение напряжений в узлах сети и снижение фазных токов в ветвях сети;
- Г) Увеличение фазных токов в ветвях сети и снижение напряжений в узлах сети.

Верный ответ: Г) Увеличение фазных токов в ветвях сети и снижение напряжений в узлах сети

2. Какой элемент электрической сети имеет сопротивление обратной последовательности, не равное сопротивлению прямой последовательности

Ответы:

- А) Синхронная машина (генератор, двигатель, синхронный компенсатор);
- Б) Асинхронный двигатель;
- В) Кабельная линия электропередачи

Г) Трансформатор с расщепленной обмоткой НН

Верный ответ: А) Синхронная машина (генератор, двигатель, синхронный компенсатор)

3. Укажите верное утверждение:

Ответы:

А) Ток при трехфазном КЗ - всегда максимальный среди всех видов коротких замыканий;

Б) Ток однофазного замыкания на землю - всегда максимальный среди всех видов коротких замыканий;

В) При коротком замыкании максимальный ток КЗ выбирают из трехфазного или однофазного КЗ, в зависимости от соотношения эквивалентных сопротивлений прямой и нулевой последовательности;

Г) Ток двухфазного КЗ без земли превышает ток трехфазного КЗ только в сети с изолированной нейтралью напряжением 6-35 кВ.

Верный ответ: В) При коротком замыкании максимальный ток КЗ выбирают из трехфазного или однофазного КЗ, в зависимости от соотношения эквивалентных сопротивлений прямой и нулевой последовательности

4. Максимальное мгновенное значение тока короткого замыкания - это:

Ответы:

А) Значение периодической составляющей тока КЗ в начальный момент времени;

Б) Значение апериодической составляющей тока КЗ в начальный момент времени;

В) Ударный ток КЗ;

Г) Значение периодической составляющей тока КЗ в момент времени, когда сработала форсировка тока возбуждения синхронной машины.

Верный ответ: В) Ударный ток КЗ

5. Система уравнений Парка-Горева, описывающая электромагнитные переходные процессы в синхронной машине с демферными контурами (без учета уравнения моментов и уравнения для нулевой последовательности) состоит из:

Ответы:

А) Четырех уравнений;

Б) Из пяти уравнений;

В) Из шести уравнений;

Г) Из двух уравнений

Верный ответ: Б) Из пяти уравнений

6. Как называется метод расчета токов КЗ, позволяющий учесть изменение периодической составляющей в ненулевой момент времени, отсчитываемого от начала КЗ?

Ответы:

А) Метод симметричных составляющих;

Б) Метод конечных элементов;

В) Метод суперпозиции (метод наложения);

Г) Метод типовых кривых.

Верный ответ: Г) Метод типовых кривых

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка по курсу определяется исходя из оценок семестровой и экзаменационной составляющей согласно Положению о балльно-рейтинговой структуре НИУ "МЭИ"