

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические станции и подстанции

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Координация уровней токов короткого замыкания**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Жуков В.В.
	Идентификатор	R98dc3418-ZhukovVV-e2ae1cca

В.В. Жуков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Поляков А.М.
	Идентификатор	R4a9cc249-PoliakovAM-44585360

А.М.
Поляков

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-1 Способен применять методы анализа, разработки и обоснования технических решений в проектах электростанций и подстанций

ИД-3 Производит оценку режимов и показателей функционирования электростанций и подстанций и их оборудования

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 Выбор сечения кабелей подстанции с учетом расчета на ней КЗ (Контрольная работа)

2. Контрольная работа №2 Определение расчетных параметров для выбора выключателей (Контрольная работа)

3. Контрольная работа №3 Методы и средства ограничения токов КЗ (Контрольная работа)

4. Контрольная работа №4 Выбор коммутационных аппаратов (Контрольная работа)

БРС дисциплины

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Контрольная работа №1 Выбор сечения кабелей подстанции с учетом расчета на ней КЗ (Контрольная работа)

КМ-2 Контрольная работа №2 Определение расчетных параметров для выбора выключателей (Контрольная работа)

КМ-3 Контрольная работа №3 Методы и средства ограничения токов КЗ (Контрольная работа)

КМ-4 Контрольная работа №4 Выбор коммутационных аппаратов (Контрольная работа)

КМ-5 Защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15

Раздел 1 Уровни токов короткого замыкания и динамика их изменения					
Уровни токов короткого замыкания и динамика их изменения		+			
Раздел 2 Требования энергосистем к параметрам электрооборудования и динамика их изменения					
Требования энергосистем к параметрам электрооборудования и динамика их изменения	+	+		+	
Раздел 3 Методы и средства ограничения токов короткого замыкания					
Методы и средства ограничения токов короткого замыкания			+		
Раздел 4 Координация уровней токов короткого замыкания и параметров электрооборудования					
Координация уровней токов короткого замыкания и параметров электрооборудования	+		+	+	+
Вес КМ:	20	20	20	20	20

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-3ПК-1 Производит оценку режимов и показателей функционирования электростанций и их подстанций и их оборудования	Знать: методы ограничения токов короткого замыкания методы расчета коротких замыканий в энергетических системах при различных режимах и условиях методики определения параметров электротехнического оборудования Уметь: выбирать электрооборудование с учетом многофункциональных связей между его техническими и экономическими характеристиками уметь определять параметры расчетных схем замещения электростанций и электрических сетей	КМ-1 Контрольная работа №1 Выбор сечения кабелей подстанции с учетом расчета на ней КЗ (Контрольная работа) КМ-2 Контрольная работа №2 Определение расчетных параметров для выбора выключателей (Контрольная работа) КМ-3 Контрольная работа №3 Методы и средства ограничения токов КЗ (Контрольная работа) КМ-4 Контрольная работа №4 Выбор коммутационных аппаратов (Контрольная работа) КМ-5 Защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контрольная работа №1 Выбор сечения кабелей подстанции с учетом расчета на ней КЗ

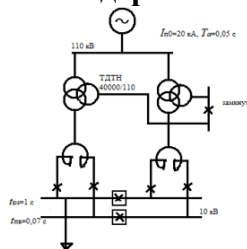
Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: 90 мин.

Краткое содержание задания:



Определить $X_{к.з.}$ необходимое для обеспечения термической стойкости

$$S_{к.л.(А)} = 120 \text{ мм}^2$$

Выключатель на 10 кВ – разомкнут.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы расчета коротких замыканий в энергетических системах при различных режимах и условиях	1.Скоординировать сечения кабелей подстанции с учетом расчета на ней КЗ

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: задача решена полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: задача решена в целом верно: либо не доделано не более 20 % задачи, либо не более двух параметров определены по справочным данным не верно; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем в два раза; не у всех величин указана размерность

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: либо правильно решено не менее 50 % задачи, либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки, либо присутствующие арифметические ошибки, искажающие результат более чем в два раза

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: правильно решено менее 50 % задачи

КМ-2. Контрольная работа №2 Определение расчетных параметров для выбора выключателей

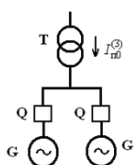
Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: 90 мин.

Краткое содержание задания:



Определить расчетные параметры для выбора выключателя Q (точку КЗ, $I_{к0}^{(3)}$, $I_{пт}^{(3)}$, $i_{yn-i_{st}}$)
 $I_{к0}^{(3)} = 20 \text{ кА}$, $K_{уд} = 1,9$
 Генератор ТВФ – 63: $P_{ном} = 63 \text{ МВт}$, $\cos \varphi = 0,8$
 $U_{ном} = 10,5 \text{ кВ}$, $x_{*d(nom)} = 0,203$, $x_{*2(nom)} = 0,248$
 $T_a^{(3)} = 0,39 \text{ с}$
 $t_{отс} = 0,01 + t_{ce}$

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методики определения параметров электротехнического оборудования	1.Перечислите расчетные условия для выбора оборудования Определите указанные параметры для выбора выключателя

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: задача решена полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: задача решена в целом верно: либо не доделано не более 20 % задачи, либо не более двух параметров определены по справочным данным не верно; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем в два раза; не у всех величин указана размерность

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: либо правильно решено не менее 50 % задачи, либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки, либо присутствующие арифметические ошибки, искажающие результат более чем в два раза

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: правильно решено менее 50 % задачи

КМ-3. Контрольная работа №3 Методы и средства ограничения токов КЗ

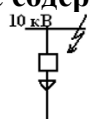
Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: 90 мин.

Краткое содержание задания:



Выбрать токоограничивающий реактор из условия обеспечения термической стойкости кабельной линии
 $S_{каб(Al)} = 95 \text{ мм}^2$, $I_{к0}^{(3)} = 12 \text{ кА}$, $T_a^{(3)} = 0,08 \text{ с}$
 $t_{pz} = 0,8 \text{ с}$, $t_{не} = 0,055 \text{ с}$
 $I_{расч.прод} = 130 \text{ А}$

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы ограничения токов короткого замыкания	1.Перечислите методы и устройства ограничения токов короткого замыкания Выберите токоограничивающий реактор

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: задача решена полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: задача решена в целом верно: либо не доделано не более 20 % задачи, либо не более двух па-раметров определены по справочным данным не верно; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем в два раза; не у всех величин указана размерность

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: либо правильно решено не менее 50 % задачи, либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки, либо присутствующие арифметические ошибки, искажающие результат более чем в два раза

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: правильно решено менее 50 % задачи

КМ-4. Контрольная работа №4 Выбор коммутационных аппаратов

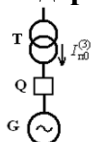
Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: 90 мин.

Краткое содержание задания:



Выбор выключателя Q

$I_{н0}^{(3)} = 45 \text{ кА}$

Генератор ТВВ – 220: $P_{ном} = 220 \text{ МВт}$, $\cos \varphi = 0,85$

$U_{ном} = 15,75 \text{ кВ}$, $x_{*d}^{(1)} = 0,19$, $x_{*2}^{(1)} = 0,232$

$T_a^{(3)} = 0,298 \text{ с}$

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: выбирать электрооборудование с учетом многофункциональных связей между его техническими и экономическими характеристиками	1.Выберите выключатель

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: задача решена полностью и верно, без недочетов; у всех величин указана размерность

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: задача решена в целом верно: либо не доделано не более 20 % задачи, либо не более двух па-раметров определены по справочным

данным не верно; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях, искажающие результат не более чем в два раза; не у всех величин указана размерность

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: либо правильно решено не менее 50 % задачи, либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки, либо присутствующие арифметические ошибки, искажающие результат более чем в два раза

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: правильно решено менее 50 % задачи

КМ-5. Защита расчетного задания

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Обучающемуся выдается индивидуальное задание.

Краткое содержание задания:

Варианты расчетного задания по дисциплине «Координация уровней токов короткого замыкания».

Вариант	Г	Т	ТН	РЧ	СР	ИП	С	Б	ИП
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Задание:

- 1) Составить расчетную электрическую схему и схему замещения (4 недели);
- 2) Рассчитать ток КЗ (8 недель);
- 3) Выбрать сечение кабеля для РП, рассмотреть вопрос ограничения токов КЗ (12 недель);
- 4) Выбрать выключатели и разъединители в цепях генераторов, трансформаторов, ЛЭП и кабельных линий.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: уметь определять параметры расчетных схем замещения электростанций и электрических сетей	1. На защите расчетного задания обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по выполненному расчетному заданию.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Описание характеристики выполнения знания: на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: правильно даны ответы менее чем на половину вопросов

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет №

1. Факторы, влияющие на уровни ТКЗ.
2. Учет комплексной нагрузки при расчете ТКЗ.
3. Задача. Выбрать сечение кабеля по продолжительному режиму. Проверить кабель на термическую стойкость: $P_{нг} = 6$ МВт; $\cos \varphi = 0,9$; $t_{окр} = +15^\circ\text{C}$; $j_{к} = 1,2$ А/мм²; Кап = 1,2; $I_{по} = 16$ кА; $t_{в} = 0,12$ с; $t_{р.з} = 0,7$ с; $T_a = 0,1$ с; $C_t = 90$ А $\times$ с^{1/2}/мм².

Процедура проведения

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическую задачу одного из следующих типов:

- выбор сечения КЛ;
- выбор включателя;
- определение расчетных параметров ТКЗ.

Время подготовки ответа – 60 минут.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-З_{ПК-1} Производит оценку режимов и показателей функционирования электростанций и подстанций и их оборудования

Вопросы, задания

- 1.1. Проблемы современной электроэнергетики РФ.
2. Динамика изменения уровней ТКЗ на примере Московского региона.
3. Уровень ТКЗ как интегральный параметр энергосистем.
4. Динамика среднего возраста оборудования электростанций по группам оборудования.
5. Динамика ввода новых мощностей в соответствии с концепцией технического перевооружения (до 2030 г.)
6. Причины и последствия КЗ.
7. Факторы, влияющие на уровни ТКЗ.
8. Соотношения токов однофазного и трехфазного КЗ.
9. Распределение уровней ТКЗ (интегральные кривые).
10. Требования энергосистем к параметрам электрических аппаратов.
11. Требования энергосистем к воздушным и кабельным линиям.
12. Требования энергосистем к силовым трансформаторам.
13. Предельно допустимые параметры электрооборудования.
14. Улучшение технических характеристик поставляемого электрооборудования.
15. Техничко-экономические характеристики оборудования.
16. Классификация методов и средств ограничения ТКЗ.
17. Ограничения ТКЗ в сетях высокого напряжения.
18. Управляемые токоограничивающие устройства.
19. Токоограничивающие устройства со сверхпроводниками.
20. Токоограничивающие реакторы.

21. Ограничение ТКЗ с помощью трансформаторов и автотрансформаторов с расщепленной обмоткой.
22. Ограничение ТКЗ на землю.
23. Выбор методов и средств ограничения ТКЗ в электрических сетях.
24. Ограничение ТКЗ с помощью вставок постоянного и переменного тока не промышленной частоты.
25. Оптимизация уровней ТКЗ на электростанциях и в электрических сетях.
26. Прогнозирование уровней ТКЗ.
27. Влияние структуры и параметров сети на уровни ТКЗ.
28. Интегральные параметры энергосистем и динамика их изменения.
29. Расчетные условия координации уровней ТКЗ.
30. Выбор электрооборудования по условиям координации уровней ТКЗ.
31. Координация уровней ТКЗ и параметров электрооборудования.
32. Расчетные условия определения ТКЗ.
33. Проверка электрических аппаратов на термическую стойкость.
34. Проверка электрических аппаратов на электродинамическую стойкость.
35. Учет электродвигателей при расчете ТКЗ.
36. Учет комплексной нагрузки при расчете ТКЗ.
37. Учет изменения параметров короткозамкнутой цепи при расчете ТКЗ в электроустановках напряжением выше 1 кВ.
38. Особенности расчета ТКЗ в электроустановках до 1 кВ.
39. Координация уровней ТКЗ в электроустановках напряжением до 1 кВ.
40. Промышленные испытания по определению токов КЗ и их влияния на работу электроустановок.
41. Разработка нормативно-технических документов о токах КЗ.
42. Общие задачи координации уровней токов КЗ.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Факторы, влияющие на уровни токов КЗ.
2. Требования энергосистем к параметрам выключателей.
3. Общие задачи координации уровней токов КЗ.
4. Ограничение токов КЗ в сетях высокого напряжения энергосистем.
5. Прогнозирование уровней токов КЗ в энергосистемах.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но

либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы

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 выносится оценка за 3 семестр.