

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт приборостроения и электротехнических систем
Кафедра электроэнергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

Тарасенко О.В.



2025 года

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

«Оптимизация релейной защиты при однофазных замыканиях»

По направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
Магистерская программа: «Оптимизация развивающихся систем
электроснабжения»

Разработчик:

доцент кафедры электроэнергетики

Подкаленко Г.М.

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры электроэнергетики
от «11» марта 2025 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

Половинка Д.В.

Луганск – 2025 г.

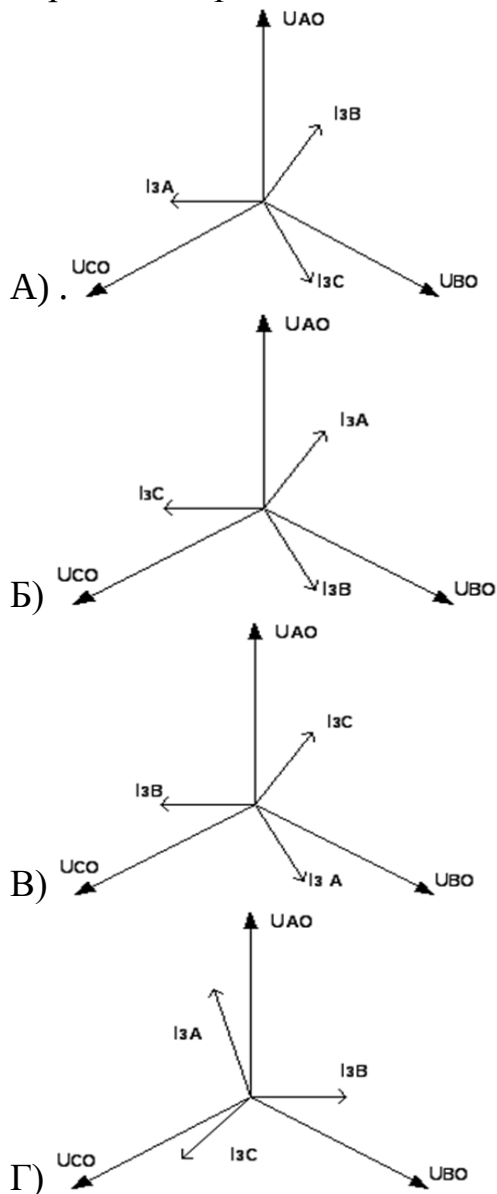
**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Оптимизация релейной защиты при однофазных замыканиях»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

Выберите один правильный ответ

1. Укажите векторную диаграмму сети с изолированной нейтралью в нормальном режиме.



Д) Правильного ответа нет

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

2. Какой режим нейтрали используют для линий электропередач менее 1кВ?

А) Глухозаземленная нейтраль;

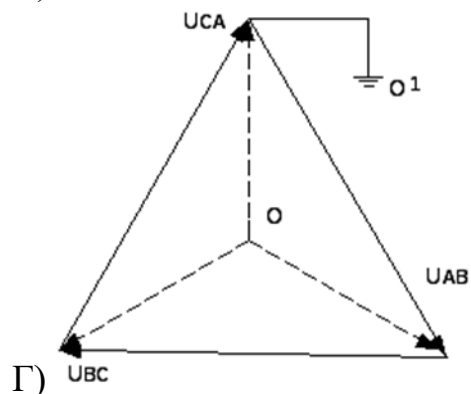
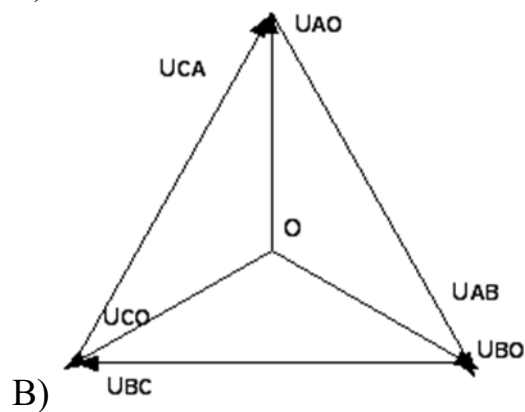
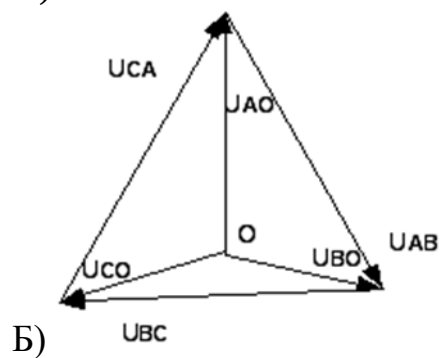
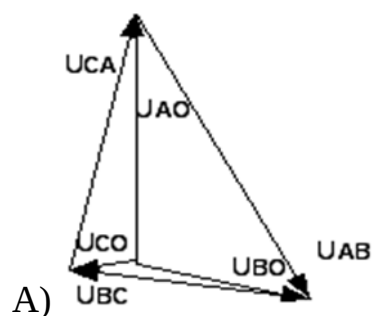
Б) Глухоизолированная нейтраль;

- В) Эффективно заземленная нейтраль;
- Г) Изолированная нейтраль;
- Д) Нейтраль, заземленная через дугогасящий реактор.
- Е) правильный вариант отсутствует.

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

3. Векторная диаграмма сети с изолированной нейтралью при однофазном замыкании на землю

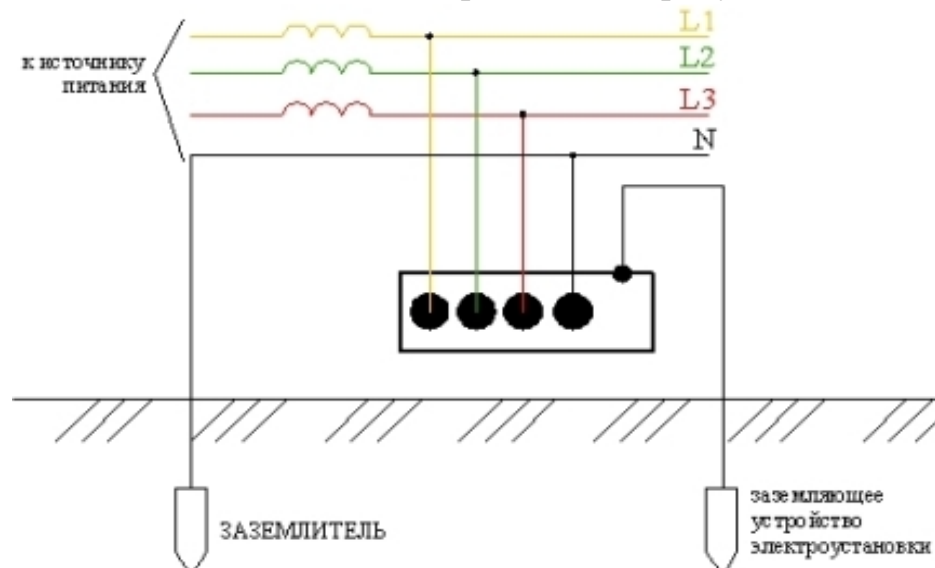


Д) Правильного ответа нет

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

4. Какая схема заземления приведена на рисунке.



А) IT;

Б) TT;

В) TN

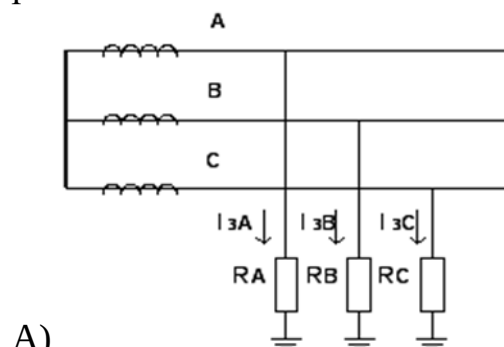
Г) TN-C;

Д) TN-S;

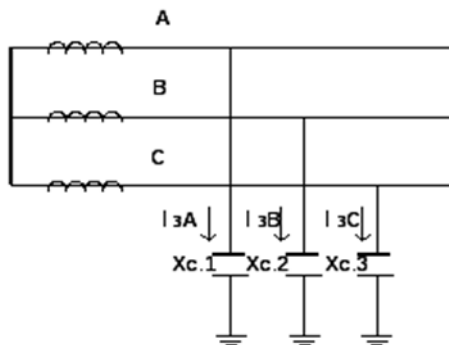
Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

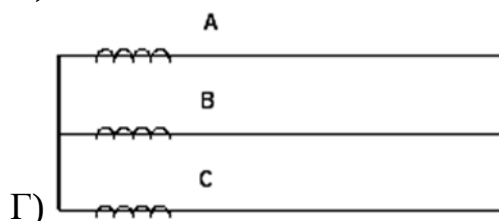
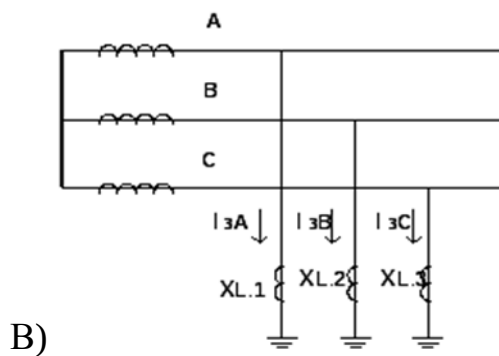
5. Укажите схему замещения сети с изолированной нейтралью в нормальном режиме.



А)



Б)



Д) Правильного ответа нет

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

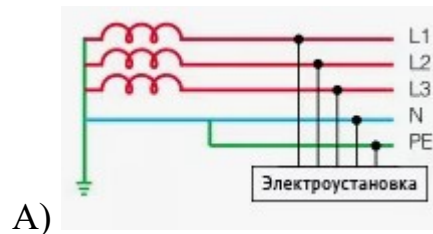
Задания закрытого типа на установление соответствия

Установите правильное соответствие.

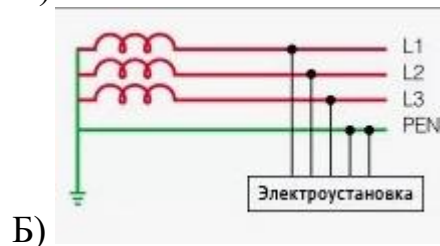
Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

1. Установите соответствие систем заземления и их схем.

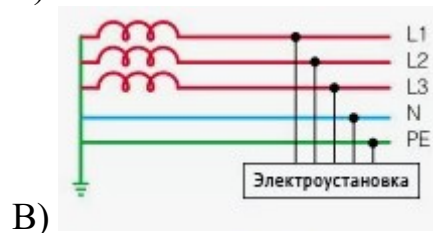
1) TN-C



2) TN-S



3) TN-C-S

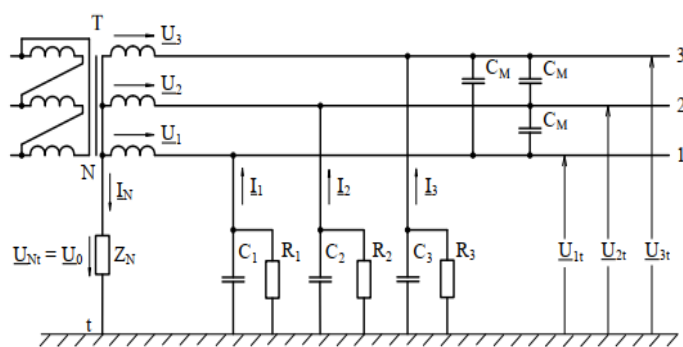


Правильный ответ:

1	2	3
Б	В	А

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

2. Установите соответствие режимов заземления нейтрали и сопротивления нейтрали Z_n .



- | | |
|------------------------------------|-------------------|
| 1) глухозаземленная нейтраль | А) $Z_n = XL$ |
| 2) изолированная нейтраль | Б) $Z_n = \infty$ |
| 3) компенсированная нейтраль | В) $Z_n = 0$ |
| 4) эффективно заземленная нейтраль | Г) $Z_n \neq 0$ |

Правильный ответ:

1	2	3	4
В	Б	А	Г

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

3. Установите соответствие аббревиатуры обозначения системы заземления до 1000в (ОПЧ-открытые проводящие части):

- | | |
|----------------------------|--|
| 1) Т(terra) первая буква | А) ОПЧ заземлены независимо от источника питания |
| 2) I(isolate) первая буква | Б) нейтраль глухозаземленная |
| 3) N(neutral) вторая буква | В) нейтраль изолированная |
| 4) Т вторая буква | Г) ОПЧ заземлены через глухозаземленную нейтраль |

Правильный ответ:

1	2	3	4
Б	В	Г	А

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

Установите правильную последовательность.

Запишите правильную последовательность букв слева направо.

1. Установите правильную последовательность расчета напряжений и токов различных последовательностей методом симметричных составляющих для симметричных цепей.

- | |
|--|
| А) Определяются реальные величины токов и напряжений прямой обратной и нулевой последовательностей |
| Б) Расчет проводится для одной фазы |
| В) Для нулевой последовательности вводится утроенное сопротивление в |

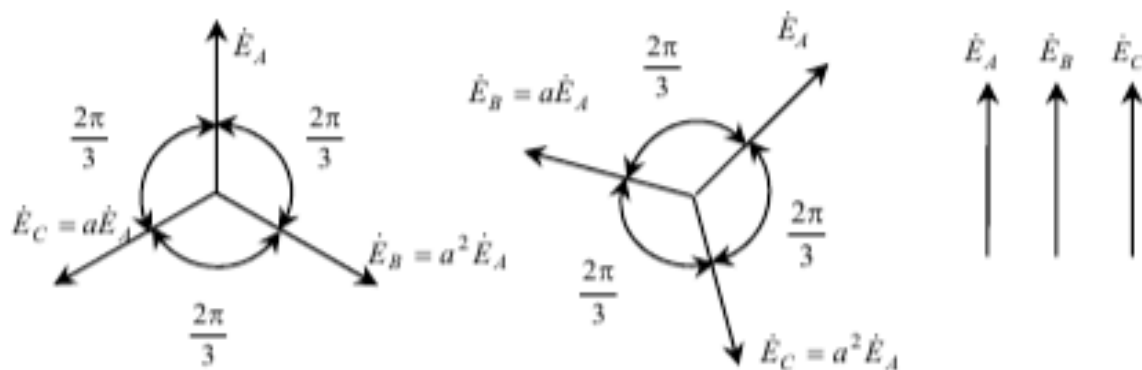
нейтральном проводе

Г) Учесть, что ток в нейтральном проводе равен нулю.

Правильный ответ: Б, А, Г, В

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

2. Установите правильную последовательность записи напряжений для прямой, обратной и нулевой последовательностей



А). $\dot{E}_A; \dot{E}_B = a^1 \dot{E}_A; \dot{E}_C = a^2 \dot{E}_A$.

Б) $\dot{E}_A = \dot{E}_B = \dot{E}_C$.

В) $\dot{E}_A; \dot{E}_B = a^2 \dot{E}_A; \dot{E}_C = a \dot{E}_A$

Правильный ответ: В, А, Б

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

3. Определите порядок вычисления тока трехфазного короткого замыкания (КЗ).

А) Путем преобразований приводят схему замещения к простейшему виду, когда вся схема состоит из одной или нескольких ветвей, каждая из которых включает результирующую эквивалентную ЭДС и результирующее эквивалентное сопротивление. По закону Ома определяют начальные действующие значения периодических составляющих токов КЗ в этих ветвях и находят их сумму.

Б) Составляется расчетная схема электрической сети.

В) Определяют апериодическую составляющую тока КЗ и ударный ток.

Г) Находят распределение начального действующего значения периодической составляющей тока КЗ по ветвям исходной схемы замещения

Д) Составляется схема замещения для заданной точки короткого замыкания, и определяются параметры элементов схемы.

Правильный ответ: Б, Д, А, В, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

Напишите пропущенное слово (словосочетание).

1. Общая точка обмоток, а также соединённый с ней вывод в многофазных электромашинных генераторах, трансформаторах и другом оборудовании, называется _____

Правильный ответ: Нейтралью

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

2. Устройство заземления через дугогасящую катушку, представляющую собой реактор с изменяемой индуктивностью, называется _____

Правильный ответ: катушкой Петерсона

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

3. Система заземления, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземлённой нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников, называется _____

Правильный ответ: Системой заземления TN

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

4. Электрический аппарат, предназначенный для компенсации емкостных токов в электрических сетях с изолированной нейтралью, возникающих при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ) называется _____

Правильный ответ: Дугогасящим реактором

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

5. Нейтраль трансформатора или генератора, не присоединённая к заземляющему устройству или присоединённая к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств, называется _____

Правильный ответ: Изолированной нейтралью

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Назовите категорию электроприемников, в которой не допускаются перерывы в электроснабжении.

Правильный ответ: электроприемники первой категории/первая категория/первая

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

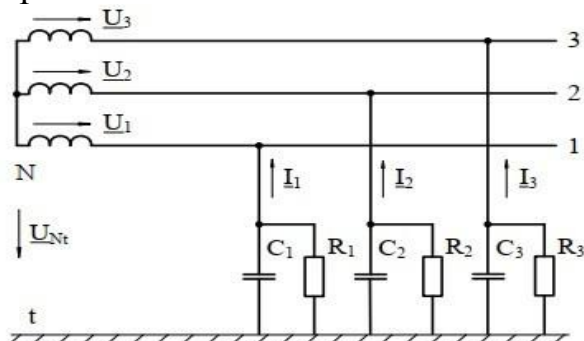
1. Какое сопротивление глухозаземленной нейтрали Z_n .

Правильный ответ: $Z_n = 0 / 0 \text{ Ом}$

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. Нарисуйте схему замещения трехфазной сети с изолированной нейтралью в нормальном режиме.

Правильный ответ:



Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

4. Рассчитайте активное сопротивление трансформатора

Характеристики трансформатора:

- тип - ТМГ-400/10;
- схема и группа соединения обмоток - Δ/Y_0-11 ;
- $S_{\text{ном тр}} = 400 \text{ кВ А}$ - номинальная мощность;
- $U_{\text{ном вн тр}} = 10,5 \text{ кВ}$ - номинальное напряжение стороны ВН;
- $U_{\text{ном нн тр}} = 0,4 \text{ кВ}$ - номинальное напряжение стороны НН;
- $u_k = 5,5 \%$ - напряжение короткого замыкания трансформатора;
- $P_k = 4600 \text{ Вт}$ – потери короткого замыкания.

Правильный ответ:

$$R_{\text{тр}} = \frac{P_k (U_{\text{ном тр}}^{\text{ВН}})^2}{S_{\text{ном}}^2} = \frac{4600 \cdot 10,5^2}{400^2} = 3,2 \text{ Ом} / 3,2 \text{ Ом} / \sim 3 \text{ Ом}$$

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

5. Напишите соотношения напряжений нулевой последовательности.

Правильный ответ: $\dot{E}_A = \dot{E}_B = \dot{E}_C$.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Рассчитать ток трехфазного КЗ за трансформатором 110/10кВ.

Параметры питающей системы:

- $I_k \text{ макс} = 5300 \text{ А}$ – ток КЗ системы в максимальном режиме;
- $I_k \text{ мин} = 3500 \text{ А}$ – ток КЗ системы в минимальном режиме;
- $U_{\text{с ном}} = 115 \text{ кВ}$ - среднее номинальное напряжение системы.

Характеристики трансформатора:

- тип - ТДН-16000/110;
- схема и группа соединения обмоток - $Y_0/\Delta-11$;

- $S_{ном тр}=16 \text{ МВ А}$ - номинальная мощность;
 - $U_{ном тр ВН}=115 \text{ кВ}$ - номинальное напряжение стороны ВН;
 - $U_{ном тр НН}=11 \text{ кВ}$ - номинальное напряжение стороны НН;
 - $u_k = 10,5 \%$ - напряжение короткого замыкания трансформатора, соответствующее среднему положению РПН;
 - $u_k \text{ мин} = 10,0 \%$ - напряжение короткого замыкания трансформатора, соответствующее крайнему нижнему положению РПН (регулирование в сторону понижения напряжения заблокировано);
 - $u_k \text{ макс} = 11,0 \%$ - напряжение короткого замыкания трансформатора, соответствующее крайнему верхнему положению РПН (регулирование в сторону повышения напряжения заблокировано).
- Система регулирования напряжения:
- РПН в нейтрали ВН трансформатора;
 - $n=19$ - количество ступеней регулирования;
 - $\Delta U=1,78 \%$ - шаг регулирования напряжения.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

В качестве базисной примем сторону ВН трансформатора

Сопротивление системы в максимальном режиме рассчитать по формуле:

$$x_{смакс} = \frac{U_{сном}}{\sqrt{3} \cdot I_{Кмакс}} = \frac{115000}{\sqrt{3} \cdot 5300} = 12,5 \text{ Ом}$$

Сопротивление системы в минимальном режиме рассчитать по формуле:

$$x_{смин} = \frac{U_{сном}}{\sqrt{3} \cdot I_{Кмин}} = \frac{115000}{\sqrt{3} \cdot 3500} = 19 \text{ Ом}$$

Сопротивление короткого замыкания двухобмоточного трансформатора определить по формуле:

$$x_{ТР} = \frac{u_K}{100} \cdot \frac{(U_{номТР}^{ВН})^2}{S_{номТР}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{115 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^6} = 86,8 \text{ Ом}$$

Ток трехфазного КЗ в максимальном режиме системы рассчитать по формуле:

$$I_{Кмакс}^{ВН(3)} = \frac{U_{сном}}{\sqrt{3} \cdot (x_{смакс} + x_{ТР})} = \frac{115 \cdot 10^3}{\sqrt{3} (12,5 + 86,8)} = 669 \text{ А}$$

Ток трехфазного КЗ в минимальном режиме системы рассчитать по формуле:

$$I_{Кмин}^{ВН(3)} = \frac{U_{сном}}{\sqrt{3} \cdot (x_{смин} + x_{ТР})} = \frac{115 \cdot 10^3}{\sqrt{3} (19 + 86,8)} = 628 \text{ А}$$

Ток трехфазного КЗ на стороне НН в максимальном режиме системы рассчитать по формуле:

$$I_{Кмакс}^{НН(3)} = I_{Кмакс}^{ВН(3)} \cdot \frac{U_{номТР}^{ВН}}{U_{номТР}^{НН}} = 669 \cdot \frac{115 \cdot 10^3}{11 \cdot 10^3} = 6989 \text{ А}$$

Ток трехфазного КЗ на стороне НН в минимальном режиме системы рассчитать по формуле:

$$I_{Kмин}^{HH(3)} = I_{Kмин}^{BH(3)} \cdot \frac{U_{номТР}^{BH}}{U_{номТР}^{HH}} = 628 \cdot \frac{115 \cdot 10^3}{11 \cdot 10^3} = 6563 A$$

Критерии оценивания:

- задание считается выполненным, если рассчитаны токи трехфазного КЗ.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.3)

2. Рассчитать сопротивление трансформатора, если $S_{ТНОМ} = 630$ кВА – номинальная мощность трансформатора; $P_{кНОМ} = 1,24$ кВт – потери короткого замыкания в трансформаторе; $U_{НННОМ} = 0,38$ кВ – номинальное напряжение обмотки низшего напряжения; $U_k = 5,5\%$ – напряжение короткого замыкания трансформатора.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

Сопротивления трансформатора

$$R_T = \frac{P_{кНОМ} \cdot U_{НННОМ}^2}{S_{ТНОМ}^2} \cdot 10^6 = \frac{1,24 \cdot 0,38^2}{630^2} \cdot 10^6 = 0,45 MOм$$

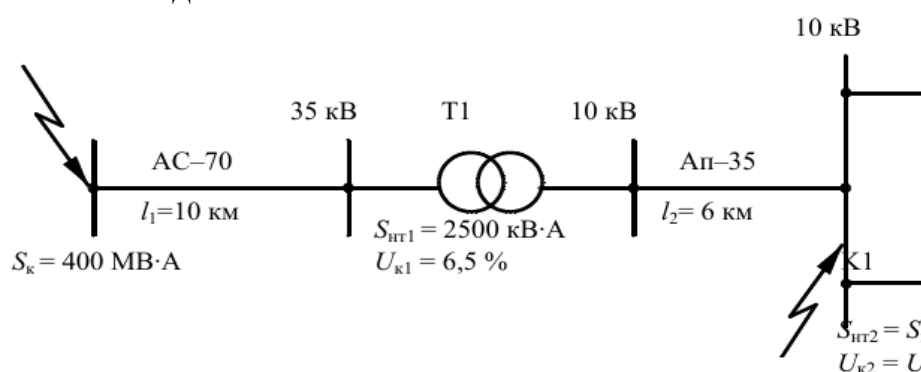
$$X_m = \sqrt{U_{K1}^2 - \left(\frac{100 \cdot P_{кНОМ}}{S_{ТНОМ}} \right)^2} \cdot \frac{U_{НННОМ}^2}{S_{ТНОМ}} \cdot 10^4 = \sqrt{5,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 1,24}{630} \right)^2} \cdot \frac{0,38^2}{630} \cdot 10^4 = 33,15 MOм$$

Критерии оценивания:

- задание считается выполненным, если определены сопротивления для трансформатора.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.3)

3. Определить реактивные и активные сопротивления для схемы, представленной ниже до точки К1.

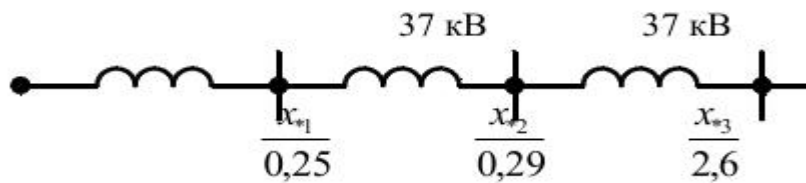


Линия напряжением 35 кВ выполнена проводом марки АС-70, длина ее, $l_1 = 10$ км. Линия напряжением 10 кВ выполнена проводом марки АП-35, ее длина $l_2 = 6$ км. Трансформатор напряжением 35/10 кВ имеет мощность $S_{нТ1} = 2500$ кВ·А, напряжение короткого замыкания $U_{к1} = 6,5\%$.

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

На основании расчетной схемы строим схему замещения. Все элементы заменяем сопротивлениями. Так как активные сопротивления малы кроме ВЛ 380 В, ими пренебрегаем.



Расчет будем вести в относительных единицах.

Примем базисную мощность $S_{\delta} = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, базисное напряжение в точке К₁ $U_{\delta 1} = 10,5 \text{ кВ}$.

Определим относительные базисные сопротивления элементов схемы и нанесем их на схему замещения.

Реактивное сопротивление системы:

$$x_c = x_{*1} = \frac{S_{\delta}}{S_K} = \frac{100}{400} = 0,25$$

Реактивное сопротивление линии напряжением 35кВ:

$$x_{*1} = x_{*2} = x_0 l \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2} = \frac{0,4 \cdot 10 \cdot 100}{37^2} = 0,29$$

где $x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$ – реактивное сопротивление одного километра линии;
 $U_{\delta} = 37 \text{ кВ}$ – базисное напряжение ВЛ 35 кВ.

Реактивное сопротивление трансформатора напряжением 35/10 кВ:

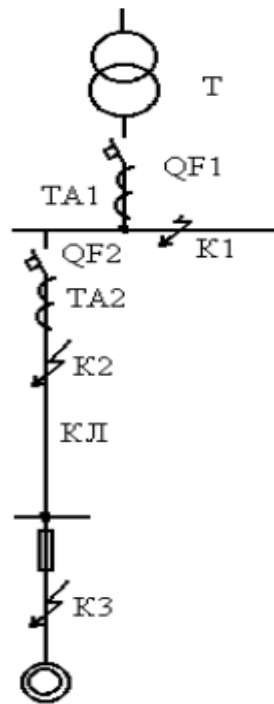
$$x_{*3} = x_{*3} = \frac{U_K}{100} \frac{S_{\delta}}{S_{HT1}} = \frac{6,5 \cdot 100}{100 \cdot 2,5} = 2,6$$

Критерии оценивания:

- задание считается выполненным, если определены реактивные и активные сопротивления для приведенной схемы.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.3)

4. Составить схему замещения для следующей функциональной схемы до точки К1.



Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

Составляем схему замещения, в которую входят все сопротивления цепи до точки КЗ.

Схема замещения для индуктивных сопротивлений.

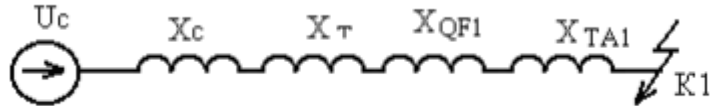
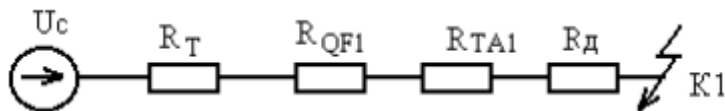


Схема замещения для активных сопротивлений



Критерии оценивания:

- задание считается выполненным, если составлена схема замещения для функциональной схемы до точки К1.

Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.3)

Экспертное заключение

Представленный комплект оценочных материалов по дисциплине (практике) **«Оптимизация релейной защиты при однофазных замыканиях»** соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые оценочные материалы адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, магистерская программа: «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения».

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанные и представленные для экспертизы оценочные материалы рекомендуются к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению.

Председатель учебно-методической комиссии
института приборостроения и
электротехнических систем

Яременко С.П.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)