

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.

«11» марта 2025 года

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по учебной дисциплине**

**«Оптимизация режимов нейтрали электрических сетей»**

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 режимов нейтрали электрических сетей»**

**Задания закрытого типа**

**Задания закрытого типа на выбор правильного ответа**

*Выберите один правильный ответ*

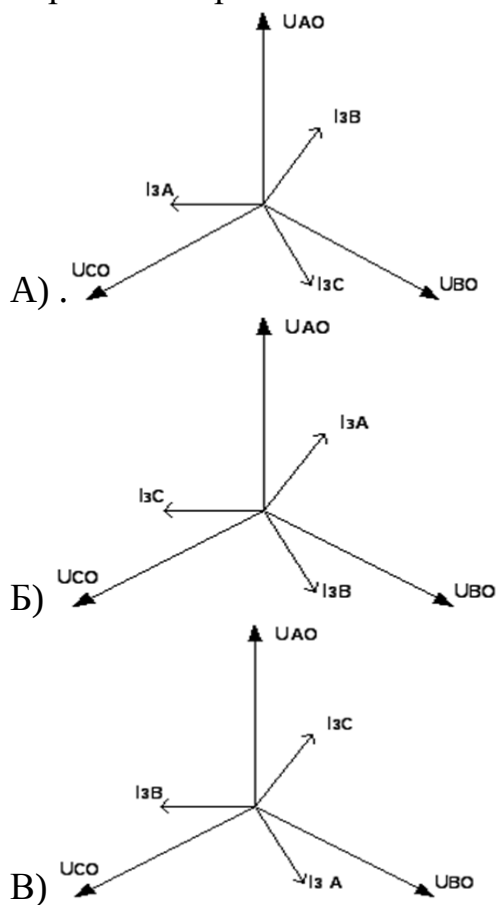
1. Какой режим нейтрали используют для линий электропередач менее 1кВ?

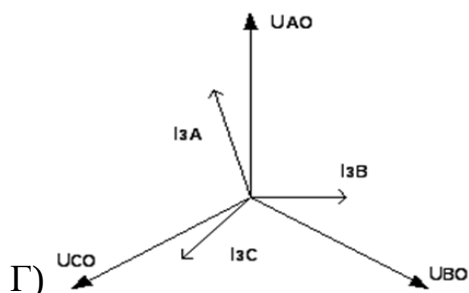
- А) Глухозаземленная нейтраль;
- Б) Глухоизолированная нейтраль;
- В) Эффективно заземленная нейтраль;
- Г) Изолированная нейтраль;
- Д) Нейтраль, заземленная через дугогасящий реактор.
- Е) правильный вариант отсутствует.

Правильный ответ: А

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

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



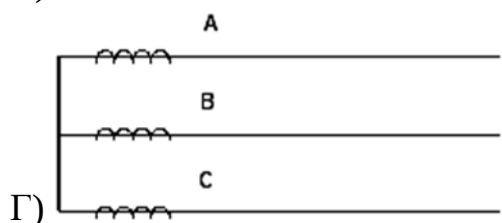
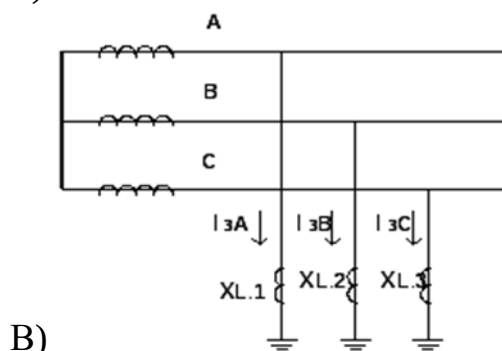
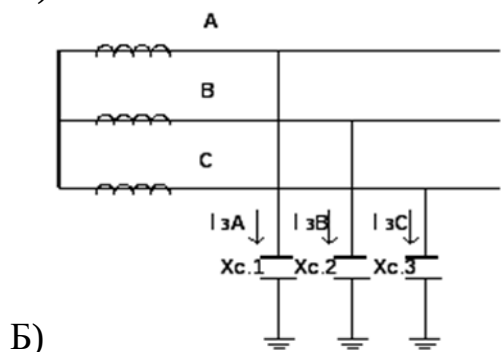
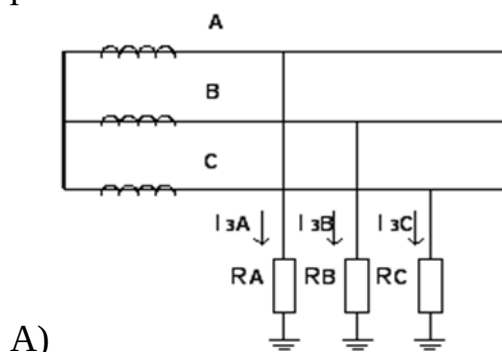


Д) Правильного ответа нет

Правильный ответ: А

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

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

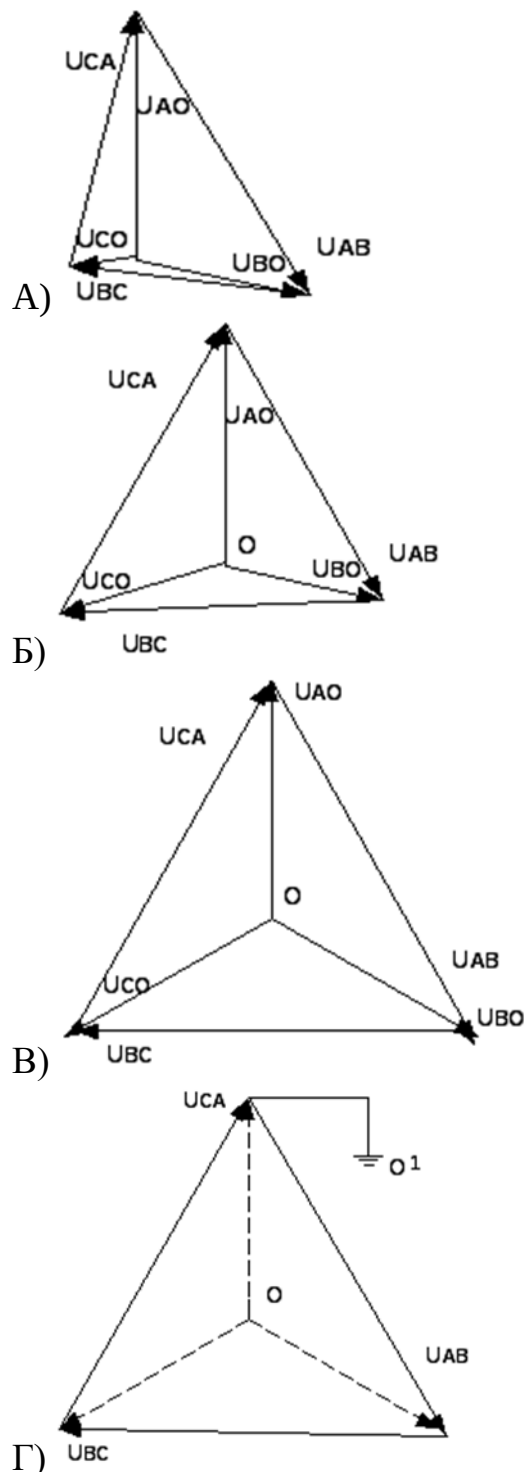


Д) Правильного ответа нет

Правильный ответ: Б

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

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

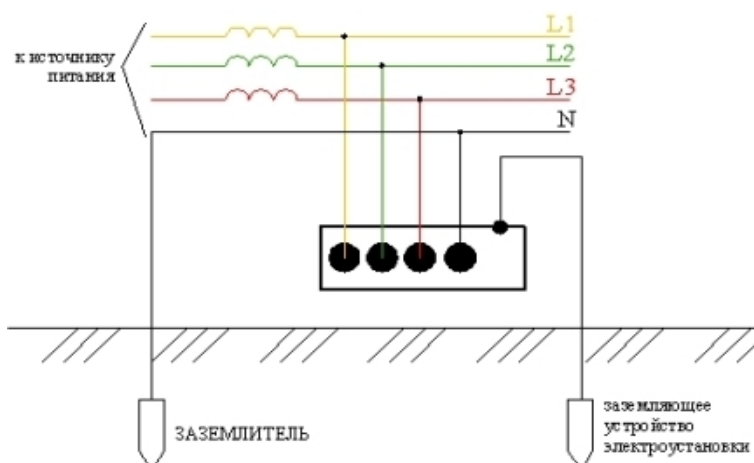


Д) Правильного ответа нет

Правильный ответ: Г

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

5. Какая схема заземления приведена на рисунке.



- А) IT;
- Б) TT;
- В) TN
- Г) TN-C;
- Д) TN-S;

Правильный ответ: Б

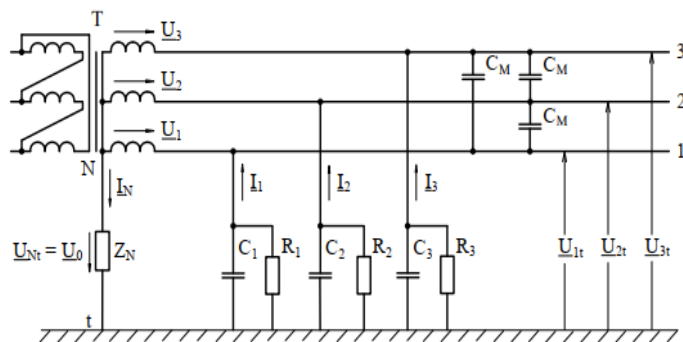
Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

### Задания закрытого типа на установление соответствия

Установите правильное соответствие.

Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

- 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)

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

- |                            |                                                  |
|----------------------------|--------------------------------------------------|
| 1) T(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) T вторая буква          | Г) ОПЧ заземлены через глухозаземленную нейтраль |

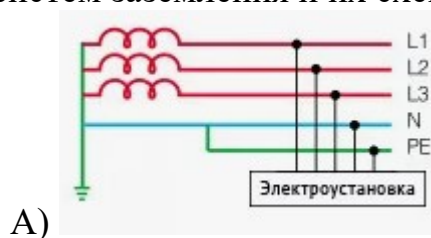
Правильный ответ:

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Б | В | Г | А |

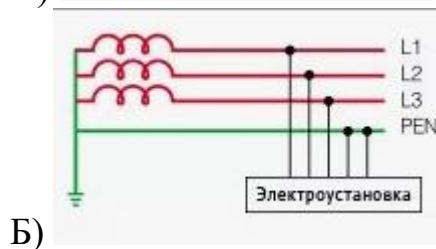
Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.1)

3. Установите соответствие систем заземления и их схем.

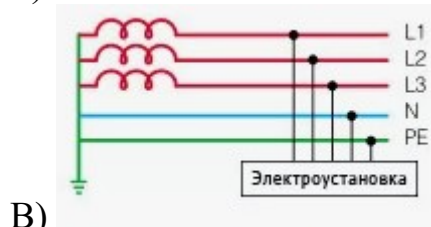
1) TN-C



2) TN- S



3) TN-C-S



Правильный ответ:

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Б | В | А |

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

**Задания закрытого типа на установление правильной последовательности**

*Установите правильную последовательность.*

*Запишите правильную последовательность букв слева направо.*

1. 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)

2. 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

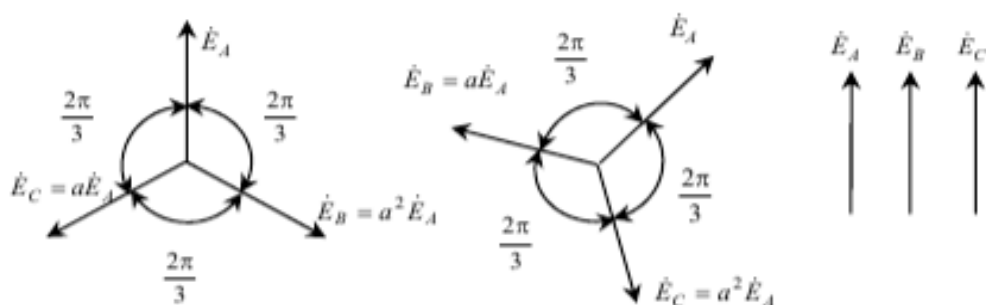
В) Для нулевой последовательности вводится утроенное сопротивление в нейтральном проводе

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

Правильный ответ: Б, А, Г, В

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

3. 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)

**Задания открытого типа**

## Задания открытого типа на дополнение

*Напишите пропущенное слово (словосочетание).*

1. Устройство заземления через дугогасящую катушку, представляющую собой реактор с изменяемой индуктивностью, называется \_\_\_\_\_

Правильный ответ: катушкой Петерсона

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

2. 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)

3. 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)

4. 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)

5. 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)

## Задания открытого типа с кратким свободным ответом

1. Какое сопротивление глухозаземленной нейтрали  $Z_n$ .

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

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

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

1. Правильный ответ: электроприемники первой категории/первая



категория/первая  
Компетенции (индикаторы): ПК-3 (ПК-3.2)

3. Рассчитайте активное сопротивление трансформатора

Характеристики трансформатора:

- тип - ТМГ-400/10;
- схема и группа соединения обмоток -  $\Delta / Y_0-11$ ;
- $S_{\text{ном тр}} = 400 \text{ кВ А}$  - 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.

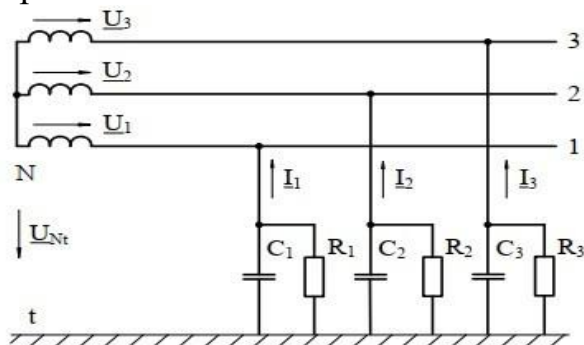
Правильный ответ:

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

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

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

Правильный ответ:



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

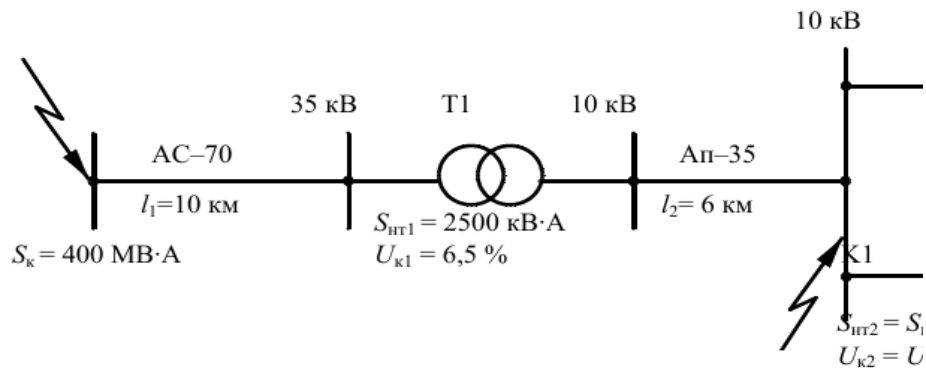
5. Напишите соотношения напряжений нулевой последовательности.

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

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

**Задания открытого типа с развернутым ответом**

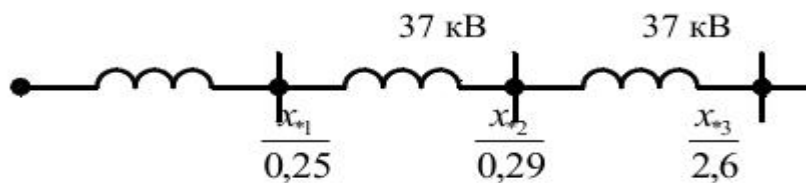
1. Определить реактивные и активные сопротивления для схемы, представленной ниже до точки К1.



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  $S_{HT1}=2500$  кВ·А, напряжение короткого замыкания  $U_{K1}=6,5\%$ .  
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  $S_{\bar{0}} = 100$  МВ·А, базисное напряжение в точке  $K_1$   $U_{\bar{0}1} = 10,5$  кВ.

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

Реактивное сопротивление системы:

$$x_c = x_{*1} = \frac{S_{\bar{0}}}{S_K} = \frac{100}{400} = 0.25$$

Реактивное сопротивление линии напряжением 35кВ:

$$x_{*1} = x_{*2} = x_0 l_1 \frac{S_{\bar{0}}}{U_{\bar{0}}^2} = \frac{0,4 \cdot 10 \cdot 100}{37^2} = 0.29$$

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

Реактивное сопротивление трансформатора напряжением 35/10 кВ:

$$x_{T1} = x_{*3} = \frac{U_K}{100} \frac{S_{\bar{0}}}{S_{HT1}} = \frac{6,5 \cdot 100}{100 \cdot 2,5} = 2,6$$

Критерии оценивания:

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

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

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

Время выполнения – 45 мин.

Ожидаемый результат:

Сопротивления трансформатора

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

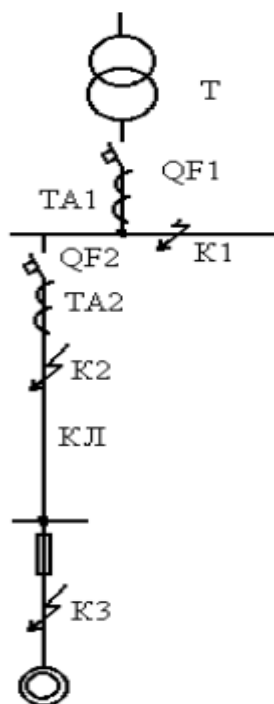
$$X_m = \sqrt{U_{\text{К1}}^2 - \left( \frac{100 \cdot P_{\text{КНОМ}}}{S_{\text{ТНОМ}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{НННОМ}}^2}{S_{\text{ТНОМ}}} \cdot 10^4 = \sqrt{5,5^2 - \left( \frac{100 \cdot 1,24}{630} \right)^2} \cdot \frac{0,38^2}{630} \cdot 10^4 = 33,15 \text{ МОм}$$

Критерии оценивания:

- задание считается выполненным, если определены сопротивления для трансформатора.

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

3. 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.

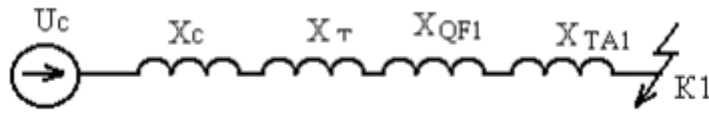
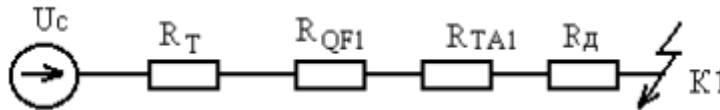


Схема замещения для активных сопротивлений



Критерии оценивания:

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

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

#### 4. Рассчитать ток трехфазного КЗ за трансформатором 110/10кВ.

Параметры питающей системы:

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

Характеристики трансформатора:

- тип - ТДН-16000/110;
- схема и группа соединения обмоток -  $Y_0/\Delta-11$ ;
- $S_{\text{ном тр}} = 16 \text{ МВ А}$  - номинальная мощность;
- $U_{\text{ном тр ВН}} = 115 \text{ кВ}$  - номинальное напряжение стороны ВН;
- $U_{\text{ном тр НН}} = 11 \text{ кВ}$  - номинальное напряжение стороны НН;
- $u_k = 10,5 \%$  - напряжение короткого замыкания трансформатора,

соответствующее среднему положению РПН;

-  $u_{к \text{ мин}} = 10,0 \%$  - напряжение короткого замыкания трансформатора, соответствующее крайнему нижнему положению РПН (регулирование в сторону понижения напряжения заблокировано);

-  $u_{к \text{ макс}} = 11,0 \%$  - напряжение короткого замыкания трансформатора, соответствующее крайнему верхнему положению РПН (регулирование в сторону повышения напряжения заблокировано).

Система регулирования напряжения:

- РПН в нейтрали ВН трансформатора;
- $p=19$  - 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:

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

Сопротивление системы в минимальном режиме рассчитать по формуле:

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

Сопротивление короткого замыкания двухобмоточного трансформатора определить по формуле:

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

Ток трехфазного КЗ в максимальном режиме системы рассчитать по формуле:

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

Ток трехфазного КЗ в минимальном режиме системы рассчитать по формуле:

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

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

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

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

$$I_{\text{Кмин}}^{\text{НН}(3)} = I_{\text{Кмин}}^{\text{ВН}(3)} \cdot \frac{U_{\text{номТР}}^{\text{ВН}}}{U_{\text{номТР}}^{\text{НН}}} = 628 \cdot \frac{115 \cdot 10^3}{11 \cdot 10^3} = 6563 \text{ А}$$

Критерии оценивания:

- задание считается выполненным, если рассчитаны токи трехфазного КЗ.

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

## Экспертное заключение

Представленный комплект оценочных материалов по дисциплине (практике) **«Оптимизация режимов нейтрали электрических сетей»** 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

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