

Содержание

Введение

Задание

| | |
|------|---|
| 1 | Разработка структурной схемы станции..... |
| 1.1 | Выбор генераторов..... |
| 1.2 | Выбор блочных трансформаторов..... |
| 1.3. | Выбор трансформаторов (автотрансформаторов) связи..... |
| 1.4. | Определение отбора мощности на собственные нужды. Выбор трансформаторов СН..... |
| 2. | Разработка принципиальной электрической схемы станции. |
| 2.1 | Выбор и описание схемы электрических соединений на шинах всех напряжений..... |
| 2.2 | Разработка схемы питания собственных нужд..... |
| 3 | Расчет токов КЗ..... |
| 4 | Выбор электрических аппаратов и токоведущих частей в заданных цепях..... |
| 5 | Выбор распределительных устройств всех напряжений..... |
| 6. | Технико-экономические показатели станции..... |

Заключение

Библиография

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Разраб.</i> | | | | | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Провер.</i> | | | | | | 1 | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | |
| <i>Утверд.</i> | | | | | | | |

Введение

В соответствии с основными положениями энергетической программы предусматривается дальнейшее строительство тепловых электростанций – КЭС (конденсационная электрическая станция), которые производят электроэнергию для энергосистемы России.

Цель данного курсового проекта- спроектировать электрическую часть КЭС 1000 МВт с энергоблоками 2х300 МВт и 2х200 МВт с напряжениями 220кВ и 110кВ.

КЭС предполагается строить в отдаленном от промышленных центров районе. С шин 220 кВ будет поступать электроэнергия в энергосистему 1 по трем ЛЭП. Мощность энергосистемы – 2500 МВА, сопротивление 24 Ома. С шин 110 кВ будет поступать электроэнергия в энергосистему 2 по трем ЛЭП. Мощность энергосистемы – 2500 МВА, сопротивление 24 Ома.

Задачи курсового проекта:

- 1.Разработать структурную схему станции
- 2.Выбрать схемы электрических соединений на всех напряжениях электростанции.
- 3.Выбрать основное оборудование согласно заданию
- 4.Рассчитать токи короткого замыкания в заданных точках
- 5.Выбрать токоведущие части
- 6.Выбрать электрические аппараты
- 7.Выбрать схемы соединений измерительных трансформаторов тока и напряжения
- 8.Выбрать и подключить электрические приборы в схемах трансформаторов тока и напряжения.
- 9.Дать полное описание распределительных устройств на всех напряжениях КЭС.

Проект электрической части КЭС 1000 МВт. является основой для создания новой электростанции на территории Челябинской области.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 2 |

1. Разработка структурной схемы станции

1.1 Выбор генераторов

Таблица 1- Выбор генераторов

| Тип турбогенератора | Частота вращения | Номинальное значение | | | | Сверхпереходное индуктивное x_d | Система возбуждения | Секция обмоток | |
|---------------------|------------------|----------------------|---------------|--------------------|-------|-----------------------------------|---------------------|----------------|-------|
| | | Мощность МВ*А | Сос φ | Напряжение статора | КП Д% | | | Статор | Ротор |
| ТГВ-200-2 УЗ | 3000 | 235 | 0,85 | 15,75 | 98,6 | 0,19 | ТН | НВ | НВР |

1.2 Выбор блочных трансформаторов

Таблица 2 – Выбор блочных трансформаторов

| Тип трансформатора | Номинальное напряжение кВ | | Потери кВт | | Напряжение К.З | Ток Х.Х |
|--------------------|---------------------------|----------------|------------|-----------|----------------|---------|
| | ВН | НН или НН1-НН2 | Х.Х | К.З ВН-НН | | |
| ТДЦ-250000/220 | 242 | 15,75 | 207 | 600 | 11 | 0,5 |
| ТДЦ-250000/110 | 121 | 15,75 | 200 | 640 | 10,5 | 0,5 |

1.3 Выбор автотрансформаторов связи

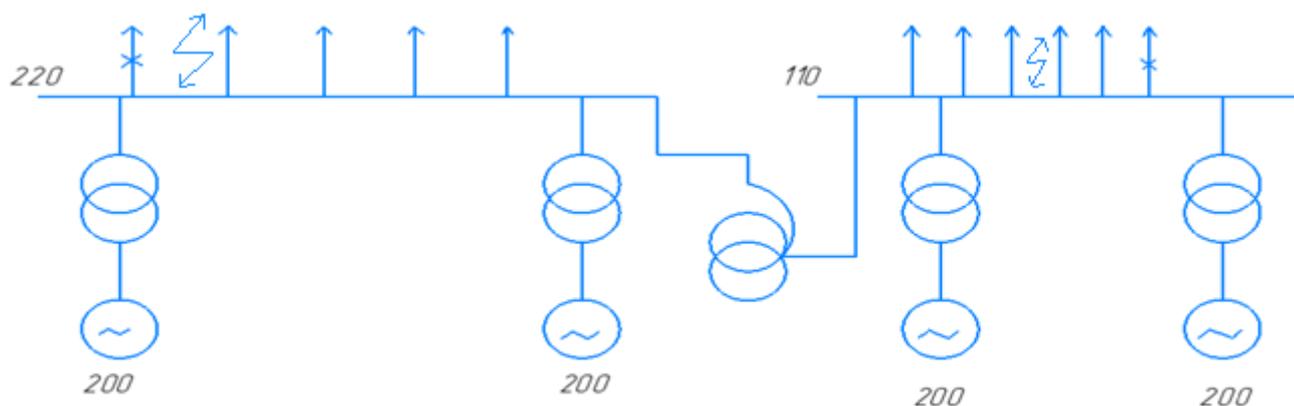


Рисунок 1 – Схема выбора автотрансформатора связи

Пропускная способность ЛЭП 220 кВ=100 мВт

110 кВ=50 МВА

Определяется переток мощности с шин 220кВ на 110 кВ, при аварийном режиме, когда одна ЛЭП выведена в ремонт, а на другой КЗ.

220 кВ = переток 200+200-300=100

110 кВ=переток 200+200-200=200

Выбирается автотрансформатор по большему перетоку:

АТДЦТН-200000/220/110

Таблица 3-данные автотрансформатора

| Тип авто-ра | Ном.мощ. МВА | | Наибольший допустимый ток в общ. Обмотке А | Номинальное напряжение, кВ | | | Потери кВт | | Напряжение КЗ | | | Ток хол.хода % |
|-----------------------|--------------|-------------|--|----------------------------|-----|-----|--------------|------|---------------|---------|---------|----------------|
| | Авт о-ра | Обмот ки НН | | ВН | С Н | Н Н | Холост. хода | КЗ В | В Н-С Н | В Н-Н Н | С Н-Н Н | |
| | | | | | | | | | | | | |
| АТДЦТН-200000/220/110 | 200 | 100 | 585 | 230 | 121 | 115 | 105 | 200 | 11 | 32 | 20 | 0,45 |

1.4 Определение отбора мощности на собственные нужды. Выбор трансформаторов СН.

Зная расход электроэнергии на собственные нужды для станций различного типа в % и установленную мощность станций или блока, определяем наибольшую мощность на собственные нужды.

$$S_{CH} = \frac{P_{CH}\%}{100 \cdot \cos\varphi} \cdot P_{уст}; \quad (1.1)$$

где $P_{уст}$ -установленная мощность станции или блока, $P_{уст}=200$ МВт;

$P_{CH}\%$ -расход электрической энергии на собственные нужды, $P_{CH}=7,5\%$;

$\cos \varphi$ -коэффициент мощности генератора, $\cos \varphi=0,85$.

$$S_{CH} = \frac{7,5}{100 \cdot 0,85} \cdot 200 = 17,64 \text{ МВА}$$

Предварительно выбирается для блока 200 МВт ТРДНС-25

Таблица 4 – Перечень двигателей и трансформаторов, питающихся с шин 6 кВ ТСН

| № | Наименование механизма | Р ном | Количество | |
|----|------------------------------------|-------|------------|-------|
| | | | Всего | В раб |
| 1 | Дымосос | 1500 | 2 | 2 |
| 2 | Дутьевой вентилятор | 620 | 2 | 2 |
| 3 | Мельница | 2460 | 3 | 2 |
| 4 | Мельничный вентилятор | 800 | 4 | 2 |
| 5 | Вентилятор горячего дутья | 240 | 5 | 4 |
| 6 | Питательный насос | 3800 | 2 | 1 |
| 7 | Конденсатный насос | 250 | 3 | 2 |
| 8 | Церкуляционный насос | 1700 | 2 | 1 |
| 9 | Шпатовый и багерный насос | 240 | 2 | 2 |
| 10 | Смывной насос | 240 | 2 | 1 |
| 11 | Двигатель резерв возбудитель | 1100 | 2 | - |
| 12 | Трансформатор топливного Хозяйства | 750 | 1 | 1 |
| 13 | Трансформатор главного корпуса | 750 | 2 | 2 |
| 14 | Трансформатор ХВ10 | 560 | 1 | 1 |

Определяется суммарная мощность электродвигателей находящихся в работе.

$$\sum P_{эл.дв.в.раб} = 1500 \cdot 2 + 620 \cdot 2 + 2460 \cdot 2 + 800 \cdot 2 + 240 \cdot 4 + 3800 \cdot 1 + 250 \cdot 2 + 1700 \cdot 1 + 240 \cdot 2 + 240 \cdot 1 = 18440 \text{ кВА}$$

Определяется максимальная нагрузка на секцию 6 кВ ОТ электродвигателей.

$$\sum S_{мах.дв} = K \cdot \sum P_{эл.дв.в.раб} = 0,9 \cdot 18440 = 16596 \text{ Квт}$$

В учебном проекте

$$K = \frac{K_0 \cdot K_{з.ср}}{I_{ср} \cdot \cos \phi} = 0,9 \quad (1.2)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 5 |

Определяется суммарная мощность трансформаторов находящихся в работе.

$$\sum P_{\text{тр.в.раб.6/0,4}} = 750 \cdot 1 + 750 \cdot 2 + 560 \cdot 1 = 2810 \text{ кВт}$$

Определяется максимальная нагрузка на секцию 6 Кв от трансформаторов 6/0,4Кв.

$$S_{\text{max.тр.}} = \sum S_{\text{тр.6/0,4}} \cdot K \quad (1.3)$$

где $\sum S_{\text{тр}}$ – суммарная мощность трансформатора, $\sum S_{\text{тр}} = 2810$;

K – коэффициент загрузки трансформаторов, $K = 0,7$;

$$S_{\text{max.тр.}} = 2810 \cdot 0,7 = 1967 \text{ кВА}$$

Определяется суммарная максимальная нагрузка на секцию 6Кв от двигателей и трансформаторов.

$$\sum S_{\text{max}} = \sum S_{\text{max.дв}} + \sum S_{\text{max.тр.6/0,4}} \quad (1.3)$$

где $\sum S_{\text{max.дв}}$ – максимальная нагрузка двигателя, $\sum S_{\text{max.дв}} = 16596 \text{ кВт}$;

$\sum S_{\text{max.тр.6/0,4}}$ – максимальная нагрузка тр-ра, $\sum S_{\text{max.тр.6/0,4}} = 1967 \text{ кВА}$.

$$\sum S_{\text{max}} = 16596 + 1967 = 18563$$

Проверяется условие выбора ТСН

$$\sum S_{\text{max}} \leq S_{\text{ТСН}} \quad (1.4)$$

$$18563 \leq 25000$$

Вывод : мощность выбранного трансформатора собственных нужд достаточна для обеспечения нагрузки собственных нужд блока 200Мвт. Мощность каждого резервного трансформатора собственных нужд на электростанциях без поперечных связей по пару генераторных выключателей в цепях и блоках должна обеспечить замену рабочего трансформатора одного блока и одновременно пуск или остановку второго блока.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 6 |

Таблица 5 – Выбор трансформаторов собственных нужд электростанции

| Тип трансформатора | Ном напряж,кВ | | Потери,кВт | | Напряжения КЗ % |
|----------------------|---------------|---------|------------|-----|-----------------|
| | ВН | НН | ХХ | Кз | |
| ТРДНС-25000/35 в раб | 15,75 | 6,3-6,3 | 25 | 115 | 10,5 |
| ТРДН-25000/35 в рез. | 115 | 6,3-6,3 | 25 | 120 | 10,5 |

На рисунке 2 представлена структурная схема электростанции

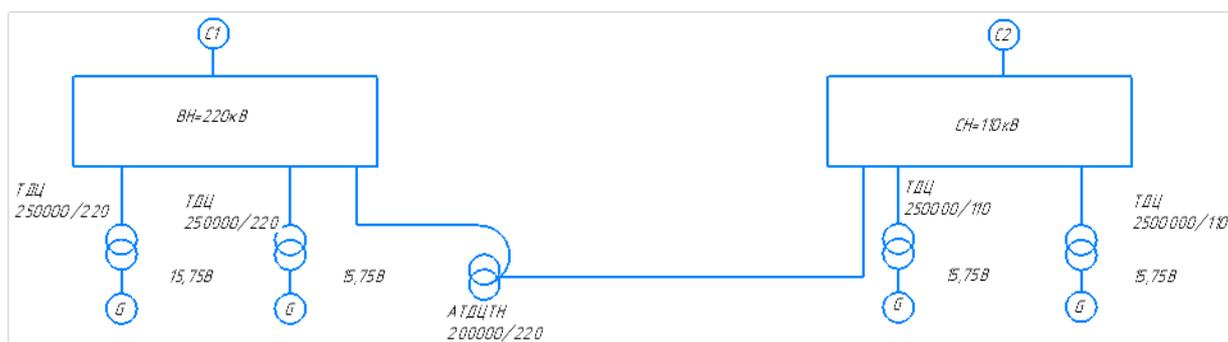


Рисунок 2 – Структурная схема электростанции

2.Разработка принципиальной электрической схемы станции.

2.1 Выбор и описание схемы электрических соединений на шинах всех напряжений.

Согласно НТП на напряжение 110,220 кВ выбираем схему: две системы шин с обходной. Нормальный режим схемы первая и вторая системы шин находятся в работе. Половина присоединений зафиксирована за первой системой, половина за второй. ШСВ нормально включен, он параллелит работу трансформаторов с высокой стороны и равномерно распределяет потенциал по рабочим системам шин. Обходная система шин находится без напряжения и служит для вывода в ремонт или ревизию выключателя любого присоединения, не отключая данного присоединения. Обходной выключатель нормально отключен и служит для замены выключателя любого присоединения

Преимущества схемы:

- 1.Схема проста, экономична.
- 2.Обладает надежностью, так как при коротком замыкании на одной из рабочей системе шин отключается половина присоединений, но на время их перевода на вторую рабочую систему шин.
- 3.Обладает оперативной гибкостью и возможностью вывода в ремонт оборудования.

Недостатки схемы:

- 1.При коротком замыкании на рабочей системе шин отключается половина присоединений.
- 2.Много шин, что удорожает схему.
- 3.Много шинных разъединителей участвующих в оперативных переключенных, что снижает надежность схемы.

Согласно НТП на напряжение 6кВ принимается: Схема с одной системой шин секционированной выключателем. Схема с одной системой шин секционированной выключателем позволяет использовать комплексные распределительные устройства (КРУ), что снижает сложность монтажа, позволяет широко применять механизацию и уменьшить время сооружения

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 7 |

электроустановки. Авария на сборных шинах приводит к отключению только одного источника и половины потребителей: вторая секция и все присоединения к ней остаются в работе.

Преимущества схемы:

- 1.Схема проста, экономична.
- 2.Обладает надежностью, так как при коротком замыкании на одной из секции рабочей системы шин отключается половина присоединений но на время перевода этих присоединений на резервную систему шин .
- 3.Обладает оперативной гибкостью.

Недостатки схемы:

- 1.При коротком замыкании на рабочей системе шин отключается половина присоединений.
- 2.Много шин, что удорожает схему.
- 3.Много шинных разъединителей участвующих в оперативных переключениях, что снижает надежность схемы.

2.2 Разработка схемы питания собственных нужд

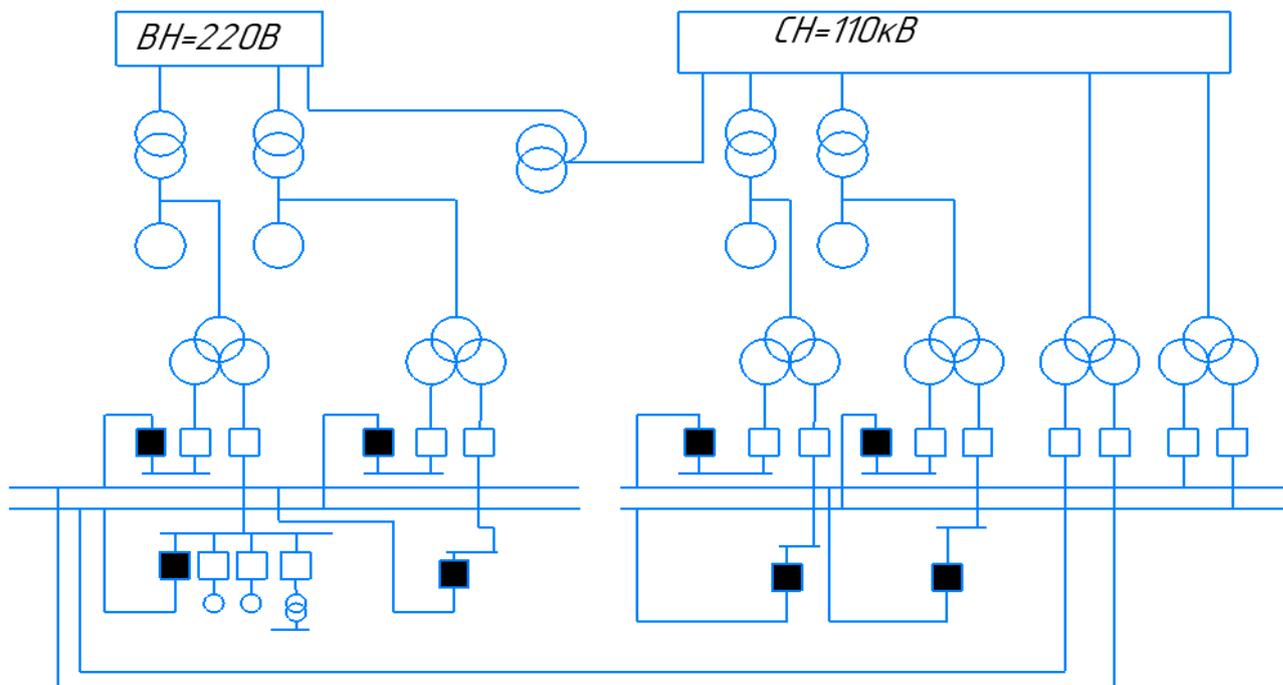


Рисунок 3 – Схема собственных нужд электростанции

3 Расчет токов КЗ.

На рисунке 4 представлена расчетная схема токов КЗ в точке К1

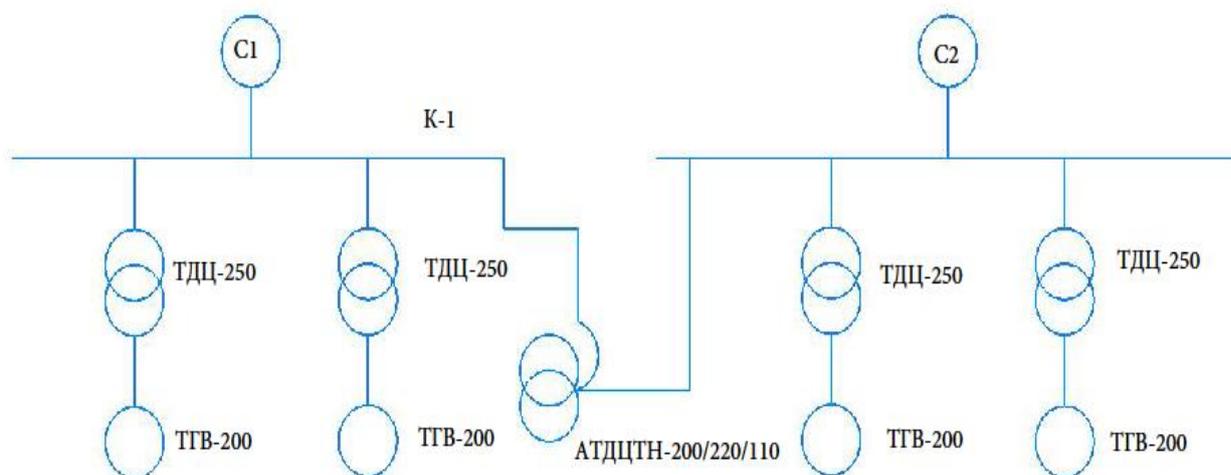


Рисунок 4 – Расчетная схема токов КЗ в точке К-1

На рисунке 5 представлена схема замещения сопротивлений для точки К1

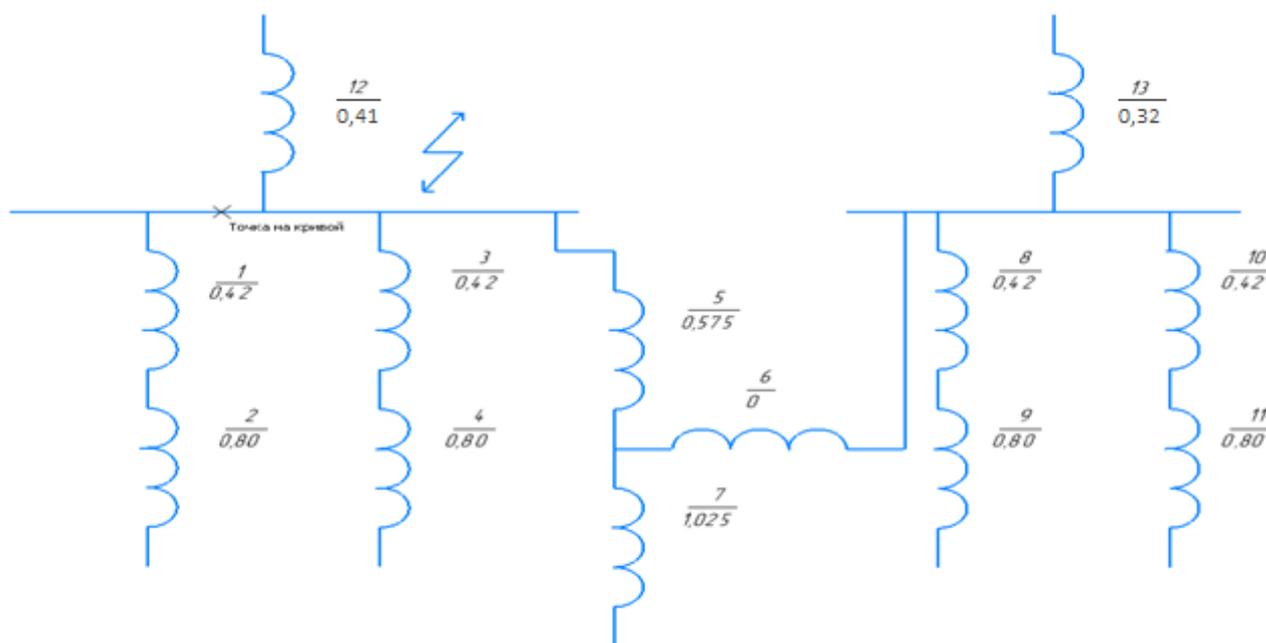


Рисунок 5 - Схема замещения сопротивлений в точке КЗ

3.1 Рассчитывается сопротивление генераторов X_2, X_4, X_9, X_{11} .

$$X_2=X_4=X_9=X_{11}=X_d'' \frac{S_6}{S_{ном}} \quad , \quad (3.3)$$

где S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

$S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность, $S_{\text{НОМ}}=235,5$;

X_d'' – сверхпереходное сопротивление генератора, $X_d''=0,190$;

$$X_2=X_4=X_9=X_{11}=0,190 \cdot \frac{1000}{235,5}=0,80$$

3.2 Рассчитывается сопротивление **блочных трансформаторов** X_1, X_3 .

$$X_1=X_3=\frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{НОМ}}} \quad (3.4)$$

где U_k – напряжение КЗ трансформатора, $U_k=10,5$;

S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

$S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность, $S_{\text{НОМ}}=250$;

$$X_1=X_3=\frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{250}=0,42$$

3.3 Рассчитывается сопротивление X_8, X_{10} .

$$X_8=X_{10}=\frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{\text{НОМ}}} \quad (3.5)$$

где U_k – напряжение КЗ трансформатора, $U_k=10,5$;

S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

$S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность, $S_{\text{НОМ}}=250$;

$$X_8=X_{10}=\frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{250}=0,42$$

Рассчитывается сопротивление автотрансформатора

$$X_{\text{ат5}}=\frac{0,5}{100} \cdot (U_{\text{к.з. в\%}} + U_{\text{к.з. вн}} - U_{\text{к.з. сн}}) \cdot \frac{S_6}{S_{\text{НОМ}}}, \quad (3.6)$$

где $U_{(\text{кз вн})\%}$ – напряжение короткого замыкания с ВН на НН, $U_{(\text{кз вн})\%} = 32$;

$U_{(\text{кз в\%})\%}$ – напряжение короткого замыкания с ВН на СН, $U_{(\text{кз в\%})\%} = 11$;

$U_{(\text{кз сн})\%}$ – напряжение короткого замыкания со СН на НН, $U_{(\text{кз сн})\%} = 20$;

S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

$S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность трансформатора, $S_{\text{НОМ}}=200$ МВА.

$$X_5=0,005 \cdot (11+32-20) \cdot \frac{1000}{200} = 0,56$$

$$X_6=0$$

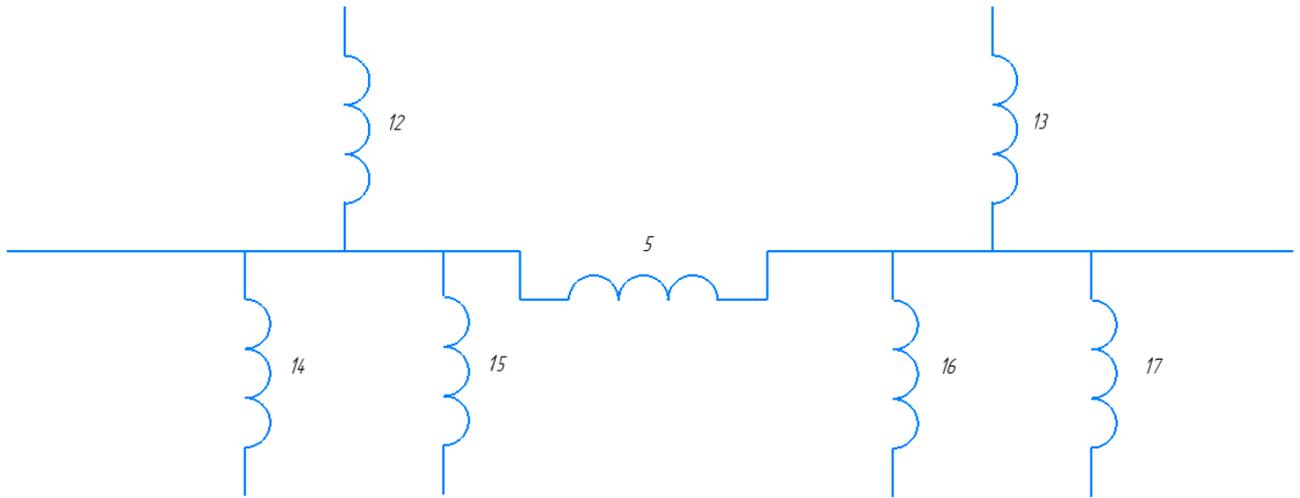


Рисунок 6 - Схема замещения сопротивлений в точке КЗ

$$X_{14}=X_{15}=X_{16}=X_{17}=X_1+X_2=0,42+0,8=1,22$$

3.4 Рассчитывается сопротивление системы 1, X_{12}

$$X_{12}=\frac{S_6}{U_6^2} \cdot X_{c1} \quad (3.6)$$

где S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

U_6^2 – напряжение базисное, $U_6^2=220$;

X_{c1} – сопротивление системы 1, $X_{c1}=20$.

$$X_{12}=\frac{1000}{220^2} \cdot 20=0,41$$

3.5 Рассчитывается сопротивление системы 2, X_{13}

$$X_{13}=\frac{S_6}{U_6^2} \cdot X_{c2} \quad (3.7)$$

где S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

U_6^2 – напряжение, $U_6^2=110$;

X_{c2} – сопротивление системы 2, $X_{c2}=16$.

$$X_{13}=\frac{1000}{110^2} \cdot 16=0,32$$

Определяется сопротивление ветви генераторов работающих на шины напряжением 220кВ по правилам параллельного соединения

$$X_{18}=\frac{X_{14}}{2}, \quad (3.8)$$

где X_{14} – сопротивление одного блока 200МВт, $X_{14}=1,22$.

$$X_{18}=\frac{1,22}{2}=0,61$$

Определяется сопротивление ветви генераторов работающих на шины напряжением 110кВ по правилам параллельного соединения

$$X_{19} = \frac{X_{16}}{2} \quad (3.9)$$

где X_{16} – сопротивление одного блока 200МВт, $X_{16}=1,22$.

$$X_{19} = \frac{1,22}{2} = 0,61$$

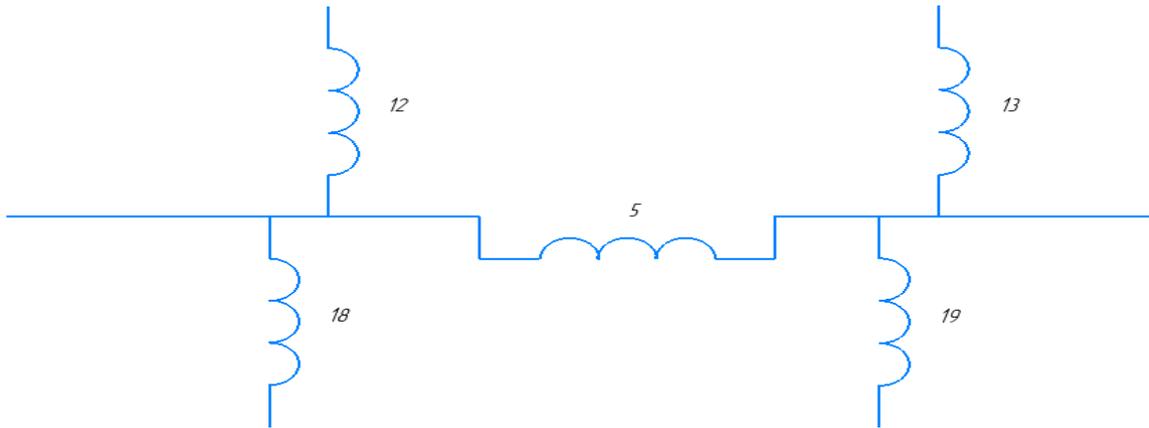


Рисунок 7 - Схема замещения сопротивлений в точке КЗ

Определяется эквивалентное сопротивление y

$$y = \frac{1}{X_5} + \frac{1}{X_{13}} + \frac{1}{X_{19}} \quad (3.10)$$

$$y = \frac{1}{0,575} + \frac{1}{0,32} + \frac{1}{1,22} = 5,6$$

$$X_{20} = y \cdot X_5 \cdot X_{13} \quad (3.11)$$

$$X_{20} = 5,6 \cdot 0,61 \cdot 0,32 = 1,09$$

$$X_{21} = y \cdot X_5 \cdot X_{19} \quad (3.12)$$

$$X_{21} = 5,6 \cdot 0,61 \cdot 1,22 = 4,17$$

На рисунке 8 представлена схема замещения сопротивлений в точке К-1

На схеме, исправить значения x_{20} и x_{21} и поставить точку К-1

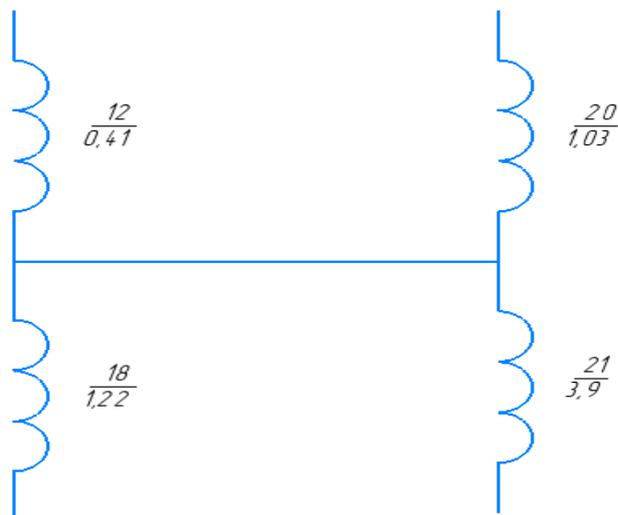


Рисунок 8 – Схема замещения сопротивлений в точке КЗ

Расчет токов КЗ.

Система 1.

3.6 Определяется периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени

Система 1

$$I_{п0 c1} = \frac{E''}{X_{12}} \cdot I_6 \quad (3.13)$$

где E – ЭДС источника, $E=1$;

I_6 – ток базисный, $I_6=2,5$;

X_{12} – сопротивление системы 1, $X_{12}=0,41$.

$$I_{п0 c1} = \frac{1}{0,41} \cdot 2,5 = 6,0 \text{ кА}$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot 230} \quad (3.14)$$

где S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$.

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 2,5 \text{ кА.}$$

Система 2

$$I_{п0 c2} = \frac{E''}{X_{20}} \cdot I_6 \quad (3.15)$$

где E'' – ЭДС источника, $E''=1$;

X_{20} – сопротивление системы, $X_{20}=1,03$;

I_6 – ток базисный, $I_6=2,5$.

$$I_{п0} c2 = \frac{1}{1,09} \cdot 2,5 = 2,8 \text{ КА}$$

Генератор 1,2

$$I_{п0} = \frac{E''}{X_{18}} \cdot I_6 \quad (3.16)$$

где E'' – ЭДС источника, $E''=1,13$;

X_{18} – сопротивление генераторов 1,2, $X_{18}=1,22$;

I_6 – ток базисный, $I_6=2,5$.

$$I_{п0} = \frac{1,13}{1,22} \cdot 2,5 = 2,3 \text{ КА}$$

Генератор 3,4

$$I_{п0} = \frac{E''}{X_{21}} \cdot I_6 \quad (3.17)$$

где E'' – ЭДС источника, $E''=1,13$;

X_{21} – сопротивление системы, $X_{21}=4,17$;

I_6 – ток базисный, $I_6=2,5$.

$$I_{п0} = \frac{1,13}{4,17} \cdot 2,5 = 0,7 \text{ КА}$$

$$\sum I_{п0} = 6 + 2,8 + 2,3 + 0,7 = 11,8 \text{ КА}$$

$$I_{уд} = \sqrt{2} \cdot \sum I_{п0} \cdot K_{уд} \quad (3.18)$$

где $K_{уд}$ – ударный коэффициент, $K_{уд}=1,965$;

$I_{п0}$ - периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени,

$$I_{п0} = 11,8.$$

$$I_{уд} = \sqrt{2} \cdot 11,8 \cdot 1,965 = 32,7 \text{ КА}$$

Определяется аperiodическая составляющая в любой момент времени

$$I_{ат} = \sqrt{2} \cdot \sum I_{п0} \cdot j_{ат} \quad (3.19)$$

где $I_{п0}$ - периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени,

$$I_{п0} = 11,8$$

$j_{ат}$ - отношение τ (расчетного времени для определения токов КЗ) к

T_a (постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ)

находится методом типовых кривых:

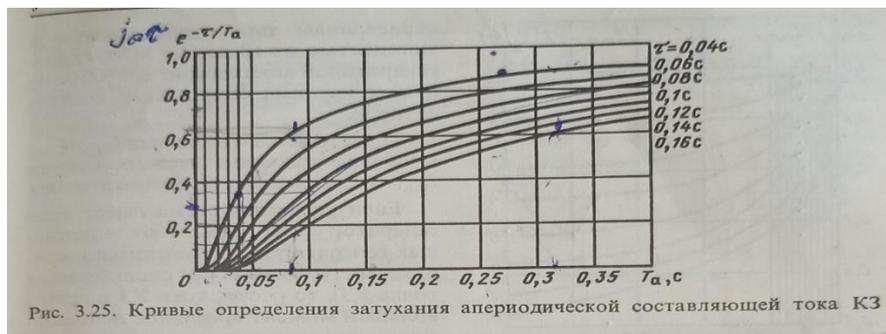


Рисунок 9 - Кривые определения затухания аperiodической составляющей тока КЗ.

$$\tau_{\text{откл}} = t_{\text{св}} + t_{\text{рз}} \quad (3.20)$$

где $t_{\text{св}}$ - собственное время отключения выключателя ВГУ-220, $t_{\text{св}} = 0,027$;

$t_{\text{рз}}$ - время срабатывания релейной защиты, $t_{\text{рз}} = 0,01$.

$$\tau_{\text{откл}} = 0,027 + 0,01 = 0,037$$

T_a - постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ,

$$T_a = 0,4 \text{ с. [2, с. 151]}$$

$$I_{\text{ат}} = \sqrt{2} \cdot 11,8 \cdot 0,87 = 14,5 \text{ кА}$$

Определяется периодическая составляющая тока КЗ

Система 1.

Т.к. источник (энергосистема) связан непосредственно с точкой КЗ, то действующее значение периодической составляющей тока от энергосистемы при трехфазном коротком замыкании для любого момента времени можно считать равным: $I_{\text{пт}} = I_{\text{п0}} = \text{const}$ [2, с. 151] .

$$I_{\text{птс1}} = I_{\text{п0с}} = 6,0 \text{ кА.}$$

Система 2.

Т.к. источник (энергосистема) связан непосредственно с точкой КЗ, то действующее значение периодической составляющей тока от энергосистемы при трехфазном коротком замыкании для любого момента времени можно считать равным: $I_{\text{пт}} = I_{\text{п0}} = \text{const}$ [2, с. 151] .

$$I_{\text{птс2}} = I_{\text{п0с}} = 2,8 \text{ кА.}$$

Генератор1,2

Рассчитывается приведенный ток генераторов 1,2

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad (3.24)$$

где $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность, $S_{\text{НОМ}} = 2 \cdot 235,5 = 471$ МВА;

U_6 – напряжение базисное, $U_6 = 230$.

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{2 \cdot 235,5}{\sqrt{3} \cdot 230} = 1,2 \text{ кА}$$

Рассчитывается отношение $I_{\text{п0Г1,2}}$ к $I_{\text{НОМГ1,2}}$, если $\frac{I_{\text{п0Г1,2}}}{I_{\text{НОМГ1,2}}} \leq 1$, то $I_{\text{птГ1,2}} = I_{\text{п0Г1,2}}$.

$$\frac{I_{\text{п0Г1,2}}}{I_{\text{НОМГ1,2}}} = \frac{2,3}{1,2} = 1,9 \geq 1, \text{ следовательно}$$

$$I_{\text{птГ1,2}} = j_{\text{пт}} \cdot I_{\text{п0Г1,2}}, \quad (3...)$$

где $I_{\text{п0Г1,2}}$ - периодическая составляющая тока КЗ в точке К-1 в начальный момент времени для генераторов 1,2, $I_{\text{п0}} = 2,3$ кА;

$I_{\text{НОМГ1,2}}$ - приведенный ток генераторов 1,2, $I_{\text{НОМГ1,2}} = 1,2$ кА,

$j_{\text{пт}}$ – это отношение $I_{\text{птГ1,2}}$ к $I_{\text{п0Г1,2}}$, которое находится методом кривых по данному отношению и времени $\tau = 0,038$ с. [2, с.152], $j_{\text{пт}} = 0,95$.

$$I_{\text{птГ1,2}} = 0,95 \cdot 2,3 = 2,2 \text{ кА.}$$

Генератор3,4

Рассчитывается приведенный ток генераторов 3,4

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad (3.25)$$

где $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность, $S_{\text{НОМ}} = 2 \cdot 235,5 = 471$ МВА;

U_6 – напряжение базисное, $U_6 = 115$.

Рассчитывается приведенный ток генераторов 3,4

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{2 \cdot 235,5}{\sqrt{3} \cdot 115} = 2,3 \text{ кА}$$

Рассчитывается отношение $I_{\text{п0Г3,4}}$ к $I_{\text{НОМГ3,4}}$, если $\frac{I_{\text{п0Г3,4}}}{I_{\text{НОМГ3,4}}} \leq 1$, то $I_{\text{птГ3,4}} = I_{\text{п0Г3,4}}$.

$$\frac{I_{\text{п0Г3,4}}}{I_{\text{НОМГ3,4}}} = \frac{0,7}{2,3} = 0,3 \leq 1, \text{ следовательно}$$

$$I_{\text{птГ3,4}} = I_{\text{п0Г3,4}}, \quad (3.16)$$

где $I_{\text{п0Г3,4}}$ - периодическая составляющая тока КЗ в точке К-1 в начальный момент времени для генераторов 3,4, $I_{\text{п0Г3,4}} = 0,7$ кА;

$$I_{пт г3,4} = 0,7 \text{ кА}$$

Определяется суммарная $I_{пт}$

$$\sum I_{пт} = 6,0 + 2,8 + 2,2 + 0,7 = 11,7 \text{ кА}$$

Точка К-2

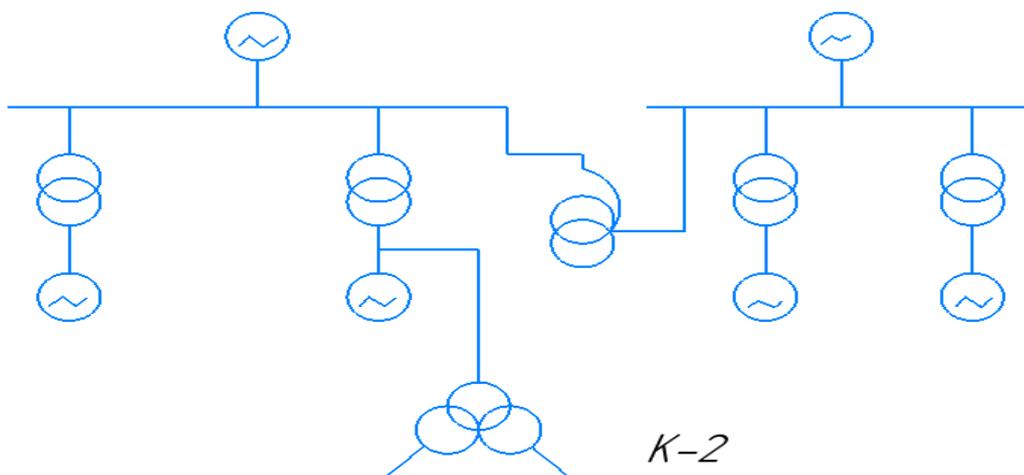


Рисунок 9 - Расчетная схема сопротивлений в точке К3

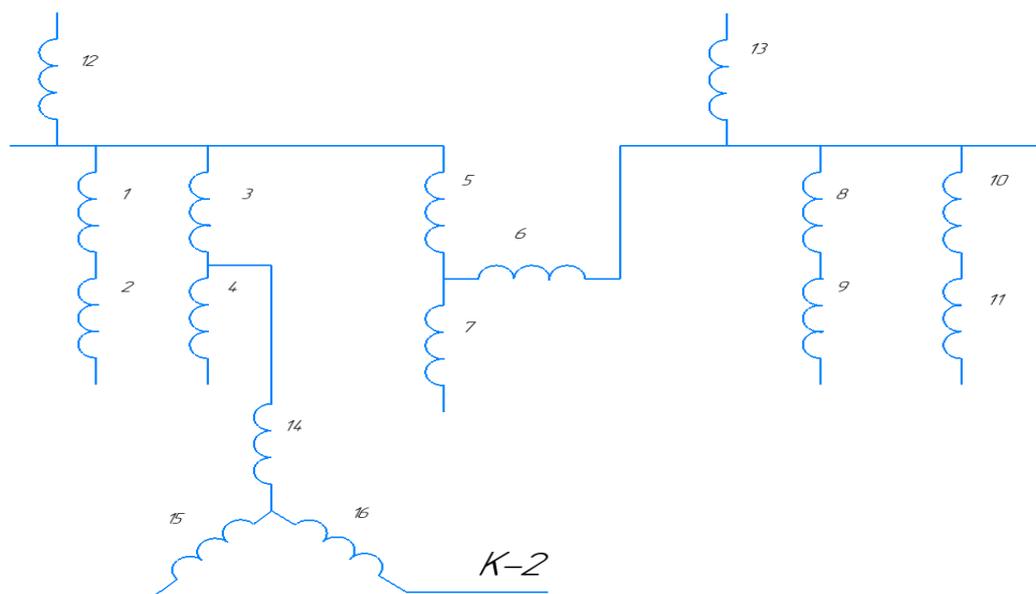


Рисунок 10 – Схема замещения сопротивлений в точке К3

Определяется сопротивление трансформатора с расщепленной обмоткой X_{15}, X_{16}

$$X_H = X_{H2} = \frac{2U_{к.з.ВН}}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{НОМ}} \quad (3.26)$$

где $U_{к.з.ВН}$ - напряжение короткого замыкания с ВН на НН, $U_{к.з.ВН} = 10,5$;

S_6 – базисная мощность, $S_6 = 1000$;

$S_{НОМ}$ – номинальная мощность, $S_{НОМ} = 25 \text{ МВА}$.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 16 |

$$X_H = X_{H2} = \frac{2 \cdot 10,5}{100} \cdot \frac{1000}{25} = 8,4$$

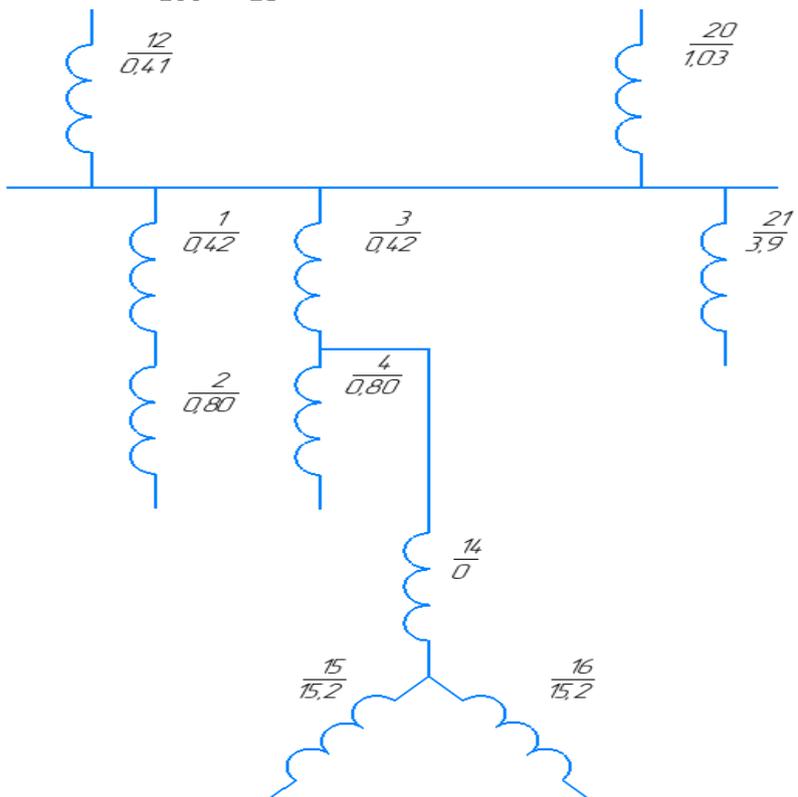


Рисунок 11 - Схема замещения сопротивлений в точке КЗ

$$X_{17} = X_1 + X_2 = 1,22$$

$$X_{18} = \frac{1}{\frac{1}{X_{21}} + \frac{1}{X_{20}} + \frac{1}{X_{17}} + \frac{1}{X_{12}}} = 0,2$$

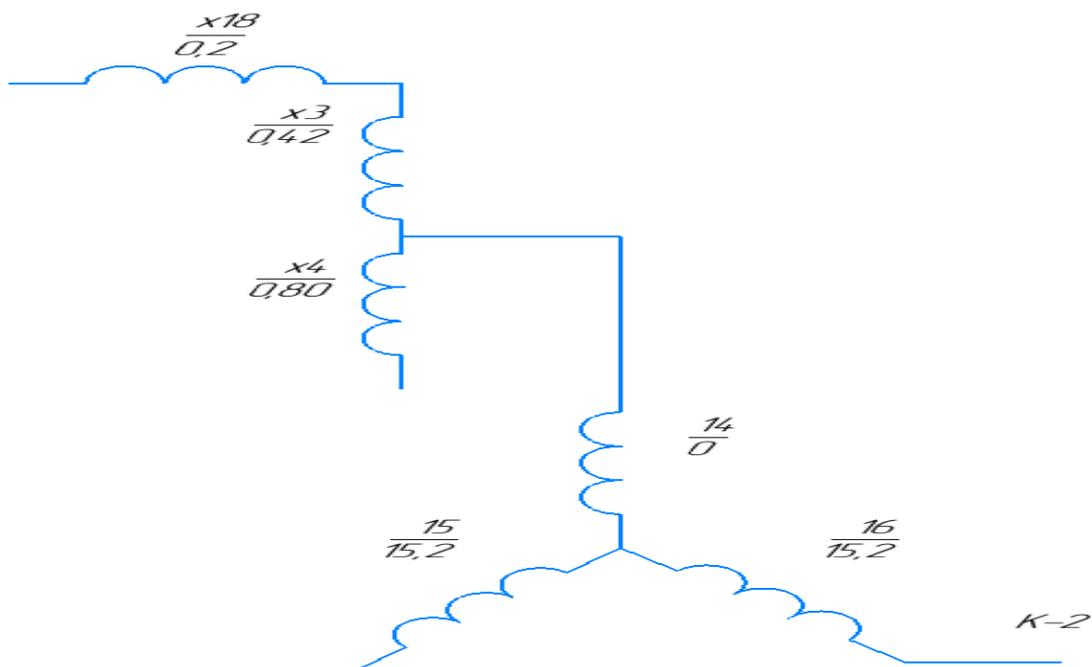


Рисунок 12 - Схема замещения сопротивлений в точке КЗ

$$X_{19}=X_{18}+X_3=0,62$$

$$X_{20} = \frac{1}{\frac{1}{X_{19}} + \frac{1}{X_4}} \quad (3....)$$

$$X_{20} = \frac{1}{\frac{1}{0,62} + \frac{1}{0,80}} = 0,3$$

$$X_{21} = 0,3 + 8,4 = 8,7$$



Рисунок 13 - Схема замещения сопротивлений в точке КЗ

Определяется периодическая составляющая тока КЗ в точке К-2

Рассчитывается базисный ток

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad (3.27)$$

где S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

U_6 – напряжение базисное, $U_6=6,3$.

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,6 \text{ кА}$$

$$I_{п0} = \frac{E''}{X_{21}} \cdot I_6 \quad (3.28)$$

где E'' – ЭДС источника, $E''=1$;

X_{21} – сопротивление результирующее, $X_{21}=8,7$;

I_6 – ток базисный, $I_6=91,6$ кА

$$I_{п0} = \frac{1}{8,7} \cdot 91,6 = 10,5 \text{ кА}$$

Определяется ударный ток

$$I_{уд} = \sqrt{2} \cdot \sum I_{п0} \cdot K_{уд} \quad (3.29)$$

где $I_{п0}$ - периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени,

$$I_{п0} = 10,5;$$

$K_{уд}$ – ударный коэффициент, $K_{уд}=1,6$.

$$I_{уд} = \sqrt{2} \cdot 10,5 \cdot 1,6 = 23,6 \text{ кА}$$

Определяется аperiodическая составляющая тока в любой момент времени

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 18 |

$$I_{ат} = \sqrt{2} \cdot \sum I_{п0} \cdot j_{ат} \quad (3.30)$$

где $I_{п0}$ - периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени, $I_{п0} = 10,5$.

$j_{ат}$ - отношение τ (расчетного времени для определения токов КЗ) к T_a (постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ) находится методом типовых кривых:



Рисунок 15 - Кривые определения затухания аperiodической составляющей тока КЗ

$$T_a = 0,4 [2, c, 150], ;$$

$$t_{откл} = t_{св} + t_{рз} \quad (3.29)$$

где $t_{св}$ - собственное время отключения выключателя ВР6-40, $t_{св} = 0,035$;

$t_{рз}$ - время срабатывания релейной защиты, $t_{рз} = 0,01$.

$$t_{откл} = 0,035 + 0,01 = 0,045$$

$$I_{ат} = \sqrt{2} \cdot 10,5 \cdot 0,25 = 3,7 \text{ кА}$$

Определяется периодическая составляющая в любой момент времени

$$I_{пт} = I_{п0} \cdot j_{пт} \quad (3.30)$$

где $I_{п0}$ - периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени, $I_{п0} = 10,5$;

$j_{пт}$ - это отношение $I_{пт\tau}$ к $I_{п0\tau}$, которое находится методом кривых по данному отношению и времени $\tau = 0,045 \text{ с}$. [2, с.152], $j_{пт} = 0,96$.

$$I_{ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad (3.31)$$

где $S_{ном}$ - номинальная мощность, $S_{ном} = 25$;

U_6 – напряжение базисное, $U_6=6,3$.

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 2,2$$

$$\frac{I_{\text{П0}}}{I_{\text{НОМ}}} = 2,5 \quad j_{\text{пт}} = 0,96$$

$$I_{\text{пт}} = 10,5 \cdot 0,96 = 10,1 \text{ кА}$$

| Точка | $U_{\text{уст}}$ кВ | U_6 кВ | $I_{\text{П0}}$ кА | $I_{\text{пт}}$ | $i_{\text{уд}}$ кА | $I_{\text{ат}}$, кА |
|-------|---------------------|----------|--------------------|-----------------|--------------------|----------------------|
| №1 | 230 | 115 | 11,8 | 11,7 | 32,7 | 14,5 |
| №2 | 6,3 | 6,3 | 10,5 | 10,1 | 23,6 | 3,7 |

К-1

$$I_{\text{НОМ,расч}} = \frac{S_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} \quad (3.32)$$

где $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность, $S_{\text{НОМ}} =$

$$I_{\text{НОМ,расч}} = \frac{200 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 230} = 502,1 \text{ А}$$

$$B_{\text{к,расч}} = I_{\text{п0}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}) \quad (3.33)$$

$$B_{\text{к,расч}} = 11,8^2 \cdot (0,037 + 0,4) = 60,8 \text{ кА}^2$$

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_{\text{красч}} \cdot 10^3}}{c} \quad (3.34)$$

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{60,8 \cdot 10^3}}{91} = 85,6 \text{ мм}^2$$

К-2

$$I_{\text{НОМ,расч}} = \frac{25 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 2291,1 \text{ А}$$

$$B_{\text{к,расч}} = 10,5^2 \cdot (0,045 + 0,4) = 49,1 \text{ кА}^2$$

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{10,6 \cdot 10^3}}{91} = 77,0 \text{ мм}^2$$

| Точка | $U_{\text{уст}}$ кВ | U_6 кВ | $I_{\text{П0}}$ кА | $I_{\text{пт}}$, кА | $I_{\text{уд}}$ кА | $I_{\text{ат}}$, кА | $I_{\text{НОМ}}$ | $B_{\text{к}}$ расч. | q_{min} |
|-------|---------------------|----------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|
| №1 | 230 | 115 | 11,8 | 11,7 | 32,7 | 14,5 | 502,1 | 60,8 | 85,6 |
| №2 | 6,3 | 6,3 | 10,5 | 10,1 | 23,6 | 23,6 | 2291,1 | 49,1 | 77,0 |

4. Выбор электрических аппаратов и токоведущих частей в заданных цепях.

Гибкие шины выбираются:

-по допустимому току:

$$I_{\text{ном.расч}} \leq I_{\text{доп}}$$
$$502,1 \leq 710 \text{ А}$$

-по термической стойкости:

Согласно ПУЭ, гибкие шины на термическую стойкость не рассчитываются, так как они выполнены голыми проводами на открытом воздухе.

-по электродинамической стойкости:

Согласно ПУЭ гибкие шины на электродинамическую стойкость могут не рассчитываться, так как расстояние между фазами велики, а силы взаимодействия между ними малы.

-по условиям коронирования:

$$1,07 \leq 0,9 E_0$$

$$E_0 = 30,3 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}}\right) \quad (4.35)$$

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{1,2}}\right) = 31,5 \text{ кВ/см}$$

Для нерасщепленного провода $E = \frac{K \cdot 0,354 \cdot U}{n \cdot r_0 \cdot \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_0}}$, где

$$D = 400 \text{ см}$$

$$D_{\text{ср}} = 1,26 \cdot D \quad (4.36)$$

$$D_{\text{ср}} = 1,26 \cdot D = 1,26 \cdot 400 = 504 \text{ см.}$$

$$E = \frac{K \cdot 0,354 \cdot U}{n \cdot r_0 \cdot \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_0}} \quad (4.38)$$

$$E = \frac{1 \cdot 0,354 \cdot 220}{1 \cdot 1,2 \cdot \lg \frac{504}{1,2}} = 24,9 \text{ кВ/см}$$

$$1,07 \cdot 24,9 \leq 0,9 \cdot 31,62$$

$$26,6 \leq 28,3$$

Вывод: Выбранные сборные гибкие шины АС-300/39 проходят по всем параметрам.

4.1. Выбор жёстких шин на 6 кВ

Жесткие шины выбираются: ШМТ-100х10

-по допустимому току:

$$I_{\text{ном.расч}} \leq I_{\text{доп}} \quad (4.39)$$

$$2291,1 \leq 2310 \text{ А}$$

-по термической стойкости:

$$q_{\text{мин}} \leq q_{\text{доп}} \quad (4.40)$$

$$77,0 \leq 1000$$

-по электродинамической стойкости:

$$b_{\text{расч.}} < b_{\text{доп}} \quad (4.41)$$

$$b_{\text{расч.}} = \frac{M_{\text{изг.}}}{W_{\text{сопр}}} \quad (4.42)$$

$$M_{\text{изг.}} = f \cdot I^2 \quad (4.43)$$

$$F = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot K_{\phi} \cdot i_{\text{уд}}^2 \cdot 10^6 / a$$

$$F = 1,73 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot \frac{23,6^2 \cdot 10^6}{0,8} = 120,4 \text{ Н/м}$$

$$M_{\text{изг.}} = \frac{120,4 \cdot 2^2}{10} = 48,2 \text{ Н/м}$$

$$W_{\text{сопр}} = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (4.44)$$

$$W_{\text{сопр}} = \frac{1 \cdot 10^2}{6} = 16,6 \text{ см}$$

$$B_{\text{расч.}} = \frac{48,2}{16,6} = 2,9 \text{ МПА}$$

$$2,9 \leq 40 \text{ МПА}$$

Вывод: выбранные сборные жесткие шины ШМТ100х10 проходят по всем параметрам.

4.2. Выбор выключателей и разъединителей.

Выбор выключателей на напряжение 220 кВ

Таблица 6 – Каталожные данные выключателя [3, с. 201]

| Каталожные данные ВГУ-220-45У1 элегазовый | | |
|---|-----------------------------------|---------------------------------------|
| $U_{\text{ном}} - 220 \text{ кВ}$ | $I_{\text{доп}} - 3150 \text{ А}$ | $I_{\text{дин}} - 45 \text{ кА}$ |
| $i_{\text{дин}} - 150 \text{ кА}$ | $t_{\text{терм}} - 3 \text{ с.}$ | $I_{\text{откл.ном}} - 45 \text{ кА}$ |
| $I_{\text{тер}} - 50 \text{ кА}$ | | |

Выключатели выбираются:

1. По напряжению установки

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}, \quad (2.48)$$

$$220 \text{ кВ} \leq 220 \text{ кВ}$$

2. По допустимому току

$$I_{\text{ном.расч}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (2.49)$$

$$502,1 \text{ А} \leq 3150 \text{ А}$$

3. По отключающей способности

$$I_{\text{пт}} \leq I_{\text{откл.ном}}, \quad (2.50)$$

$$11,7 \text{ кА} \leq 45 \text{ кА}$$

4. По включающей способности

$$i_{\text{уд.расч}} \leq i_{\text{вкл}}, \quad (2.51)$$

$$32,7 \text{ кА} \leq 150 \text{ кА}$$

$$I_{\text{по}} \leq I_{\text{вкл}}, \quad (2.52)$$

$$11,8 \text{ кА} \leq 150 \text{ кА}$$

5. По электродинамической стойкости

$$I_{\text{по}} \leq I_{\text{дин}}, \quad (2.53)$$

$$11,8 \text{ кА} \leq 45 \text{ кА}$$

$$I_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}, \quad (2.54)$$

$$32,7 \text{ кА} \leq 150 \text{ кА}$$

6. По термической стойкости

$$\beta_{\text{к.расч}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}, \quad (2.55)$$

$$60,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 50^2 \cdot 3$$

$$60,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 7500 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Вывод: Выключатель ВГУ-220Б-45У1 проходит по всем параметрам.

Вывод: выключатель ВГУ-220 проходит по всем параметрам.

Таблица 10 – Каталожные данные выключателей

| Каталожные данные ВР6-6-40 | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| $U_{\text{ном}} - 6 \text{ кВ}$ | $I_{\text{терм}} = 40 \text{ кА}$ | $I_{\text{нам}} = 3000 \text{ кА}$ |
| $i_{\text{дин}} - 128 \text{ кА}$ | $I_{\text{откл}} = 40 \text{ кА}$ | $t_{\text{терм}} = 3 \text{ сек}$ |

4.10 Выбор выключателя на 6 кВ напряжение

1) По напряжению установки.

$$6 \text{ кВ} \leq 6 \text{ кВ}; U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$$

Выбирается ВР6-6-40

Вакуумный выключатель Серии ВР

4.11 По номинальному току

$$I_{\text{ном.расч}} \leq I_{\text{доп}}$$

$$2291,1 \leq 3000 \text{ А}$$

4.12 по отключающей способности

$$I_{\text{пт}} \leq I_{\text{откл}}$$

$$10,1 \leq 40$$

$$I_{\text{ат}} \leq I_{\text{ат.зав}}$$

$$23,6 \leq 40$$

4.13 По электродинамической стойкости

$$i_{\text{уд.расч}} < I_{\text{дин}}$$

$$23,6 < 128$$

4.14 По термической стойкости

$$B_{\text{к.расч}} \leq B_{\text{к.зав}}$$

$$49,1 \leq 4800$$

Вывод: Выбранный выключатель ВР6-6-40 подходит по всем условиям

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ.13.02.03.000.21.02.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 35 |

Выбор разъединителя.

РГ-330

$I_{\text{доп}}=3150 \text{ А}$

$I_{\text{уд}}=160 \text{ кА}$

$B_{\text{к}}=63^2 \cdot 2 \text{ кА}^2/\text{с}$

-по номинальному напряжению:

$$U_{\text{уст.}} \leq U_{\text{ном}} (\text{зав}) \quad (4.56)$$
$$330=330\text{кВ}$$

-по номинальному току:

$$I_{\text{ном.расч.}} \leq I_{\text{доп.}} \quad (4.57)$$
$$628,3 < 3150 \text{ А}$$

-по конструкции и роду установки:

РПГ-330-разъединитель пантографного типа с улучшенной полимерной изоляцией.

-по электродинамической стойкости:

$$I_{\text{уд}} \leq i_{\text{уд}} (\text{зав}) \quad (4.58)$$
$$69,5 < 160 \text{ кА}$$

-по термической стойкости:

$$B_{\text{к.расч.}} \leq B_{\text{к}} (\text{зав}) \quad (4.59)$$
$$252 < 63^2 \cdot 2 \text{ кА}^2/\text{с}$$

Вывод: разъединитель РПГ-220 проходит по всем параметрам.

4.3. Выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Выбор трансформаторов тока на 220 кВ.

Трансформатор тока выбирается:

ТГФ-220

$I_{\text{доп}}=1000 \text{ А}$

$I_2=1 \text{ А}$

$S_2=30 \text{ ВА}$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 26 |

$$I_{уд}=160 \text{ кА}$$

$$B_k=63^2 \cdot 1 \text{ кА}^2/\text{с}$$

-по напряжению установки:

$$U_{уст.} \leq U_{ном} \text{ (зав)} \quad (4.60)$$

$$220=220 \text{ кВ}$$

-по номинальному току:

$$I_{ном.расч.} \leq I_{доп} \quad (4.61)$$

$$628,3 < 1000 \text{ А}$$

-по конструкции и классу мощности:

ТГФ-220-трансформатор тока элегазовый в фарфоровом корпусе.

-0,5-приборы учета электроэнергии.

-Р-релейная защита.

-по электродинамической стойкости:

$$I_{уд} \leq i_{уд} \text{ (зав)} \quad (4.62)$$

$$69,5 < 160 \text{ кА}$$

-по термической стойкости:

$$B_{к.расч.} \leq B_k \text{ (зав)} \quad (4.63)$$

$$252 < 63^2 \cdot 1 \text{ кА}^2/\text{с}$$

-по вторичной нагрузке:

| Приборы | Тип | Нагрузки | | |
|---------------------------------|----------|----------|-----|-----|
| | | Ф.А | Ф.В | Ф.С |
| 1.Амперметр | Э-335 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| 2.Ваттметр | Д-335 | 0,5 | - | 0,5 |
| 3.Варрметр | Д-335 | 0,5 | - | 0,5 |
| 4.Счетчик актив. Мощности | САЗ-4680 | 2,5 | - | 2,5 |
| 5.Счетчик реак.Мощности | СРУ-4676 | 2,5 | - | 2,5 |
| Итого: | | 6,5 | 0,5 | 6,5 |

$$R_{2расч.} \leq \tau_2 \text{ (зав)} \quad (4.64)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | | Лист |
| | | | | | | 27 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ

$$R_{2расч.} = \frac{S_2}{I_2^2} \quad (4.65)$$

$$R_{2расч.} = \frac{30}{1^2} = 30 \text{ Ом}$$

$$R_{приб.} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} \quad (4.66)$$

$$R_{приб.} = \frac{6,5}{1^2} = 6,5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = \tau_{приб.} + \tau_{кон.} - \tau_{пров.} \quad (4.67)$$

$$R_{пров.} = \tau_2 - \tau_{кон.} - \tau_{приб.} \quad (4.68)$$

$$R_{пров.} = 30 - 6,5 - 0,1 = 23,4 \text{ Ом}$$

$$R_{кон.} = 0,1 \text{ Ом}$$

$$L = 175$$

$$P = 0,0175 \text{ Ом мм}^2/\text{м}$$

$$g_{пров.} = \frac{p \cdot l}{\tau_{пров.}} \quad (4.69)$$

$$g_{пров.} = \frac{0,0175 \cdot 175}{23,4} = 0,13 \text{ мм}^2$$

Выбираем контрольный кабель сечением $2,5^2$

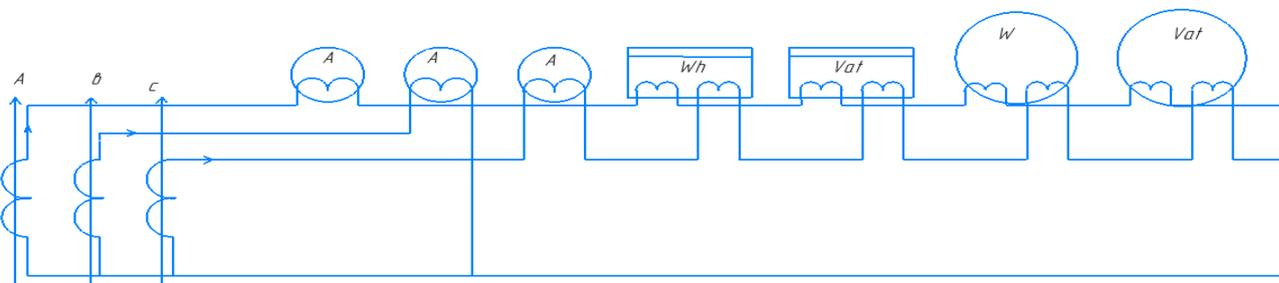


Рисунок 14 – Трансформатор тока

Вывод: выбранный трансформатор тока ТГФ-220 проходит по всем параметрам.

Выбор трансформаторов тока на 6 кВ.

Трансформатор тока выбирается:

ТЛШ-6

$I_{ном.} = 2000 \text{ А}$

$I_2 = 5 \text{ А}$

$S_2 = 20 \text{ ВА}$

$$I_{уд}=81 \text{ кА}$$

$$B_k=31,5^2 \cdot 3$$

-по напряжению установки:

$$U_{уст.} \leq U_{зав.} \quad (4.70)$$

$$6=6 \text{ кВ}$$

-по номинальному току:

$$I_{расч.} \leq I_{ном.} \text{ (зав)} \quad (4.71)$$

$$1467 < 2000 \text{ А}$$

-по конструкции и классу точности:

ТЛШ-6-трансформатор тока литой модернизированный.

-0,5-приборы учета электроэнергии.

R-релейная защита.

-по электродинамической стойкости:

$$I_{уд} \leq i_{уд} \text{ (зав)} \quad (4.72)$$

$$409,4 < 31,5^2 \cdot 3 \text{ кА}^2/\text{с}$$

-по вторичной нагрузке:

| Приборы | Тип | Нагрузки | | |
|---------------------------------|----------|----------|-----|-----|
| | | Ф.А | Ф.В | Ф.С |
| 1.Амперметр | Э-335 | 0,5 | - | - |
| 2.Счетчик актив. Мощности | СА3-4680 | 2,5 | - | 2,5 |
| 3.Счетчик реак. Мощности | СРУ-4676 | 2,5 | - | 2,5 |
| Итого: | | 5,5 | - | 5 |

$$R_2 \text{ расч.} \leq \tau_2 \text{ (зав)} \quad (4.73)$$

$$R_2 \text{ расч.} = \frac{S^2}{I^2} \quad (4.74)$$

$$R_2 \text{ расч.} = \frac{20}{5^2} = 0,8 \text{ Ом}$$

$$R_k=0,05 \text{ Ом}$$

$$R_{приб} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом}$$

$$R_2 = \tau_{приб} + \tau_{кон} + \tau_{пров} \quad (4.75)$$

$$R_{\text{пров}} = \tau_2 = \tau_{\text{кон}} + \tau_{\text{приб}} \quad (4.76)$$

$$R_{\text{пров}} = 0,8 + 0,05 + 0,22 = 0,53$$

$$g_{\text{пров}} = \frac{P \cdot l}{\tau_{\text{пров}}} \quad (4.77)$$

$$g_{\text{пров}} = \frac{0,0175 \cdot 40}{0,53} = 1,32 \text{ мм}^2$$

Выбираем контрольный кабель сечением 2,5 мм²

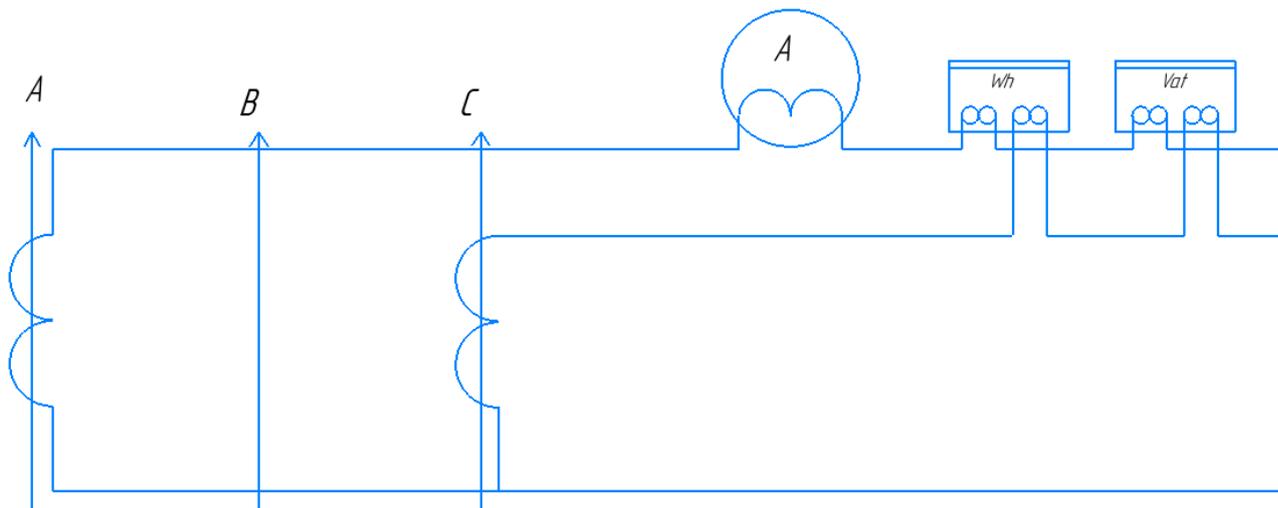


Рисунок 15 – Трансформатор тока

Вывод: выбранный трансформатор тока ТЛШ-6 проходит по всем параметрам.

Выбор трансформаторов напряжения на 220 кВ.

Трансформатор напряжения выбирается:

ЗНОГ-220

S_2 (зав) = 3200 ВА

- по номинальному напряжению:

$$U_{\text{уст.}} \leq U_{\text{ном. (зав)}} \quad (4.78)$$

$$220 = 220 \text{ кВ}$$

- по конструкции и схеме соединения обмоток.

ЗНОГ-220-трансформатор напряжения однофазный с газовой изоляцией.

Схема соединения

- по классу точности:

- 1-щитовые приборы

- по вторичной нагрузке:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 29 |

| Приборы | Тип | S одной обмотки | Число обмоток | Cos φ | Число приборов | Общая мощность | | |
|-----------------------------|---------|-----------------|---------------|-------|----------------|----------------|--------|--|
| | | | | | | P(Вт) | Q(вар) | |
| 1. Ваттметр | Д-335 | 1,5 | 2 | 1 | 1 | 3 | - | |
| 2. Варрметр | Д-345 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 | - | |
| 3. Счетчик актив. мощности | САЗ-681 | 2 | 2 | 0,38 | 1 | 4 | 9,4 | |
| 4. Счетчик реак. Мощности | САЗ-689 | 3 | 2 | 0,38 | 1 | 6 | 14,6 | |
| 5. Фиксирующий прибор | ФИП | 3 | 1 | - | 1 | 3 | - | |
| 6. Вольтметр | Э-335 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | - | |
| 7. Регистрирующий вольтметр | И-334 | 10 | 1 | 1 | 1 | 10 | - | |
| 8. Частотомер | Н-397 | 7 | 1 | 1 | 1 | 7 | - | |
| 9. Ваттметр изолирующий | Н-395 | 10 | 2 | 1 | 1 | 20 | - | |
| Приборы синхронизации | | | | | | | | |
| 10. Частотомер | Э-372 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | - | |
| 11. Вольтметр | Э-335 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | - | |
| 12. Синхроноскоп | Э-327 | 10 | 1 | 1 | 1 | 10 | - | |
| Итого: | | | | | | 76 | 24 | |

$$S_{2, \text{расч.}} \leq S_2 (\text{зав}) \quad (4.79)$$

$$S_{2, \text{расч.}} = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (4.80)$$

$$S_{2, \text{расч.}} = \sqrt{76^2 + 24^2} = 79,6 \text{ ВА}$$

$$79,6 < 3200 \text{ ВА}$$

Вывод: выбранный трансформатор напряжения ЗНОГ-220 проходит по всем параметрам.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 30 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ

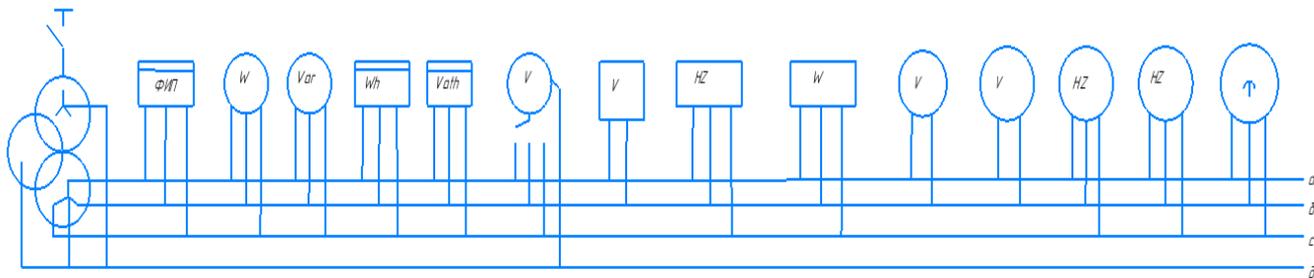


Рисунок 16 – Трансформатор напряжения

Выбор трансформаторов напряжения на 6 кВ.

Трансформатор напряжения выбирается:

ЗНОЛ-6

$S_2(\text{зав})=150 \text{ ВА}$

-по напряжению установки:

6=6 кВ

$$U_{\text{уст.}} \leq U_{\text{ном.}} \quad (4.81)$$

-по конструкции и схеме соединения обмоток.

ЗНОЛ-6-трансформатор напряжения однофазный литой.

-по классу точности:

-0,5-приборы учета электроэнергии.

-по вторичной нагрузке:

| Приборы | Тип | S одной обмотки | Число обмоток | Cos φ | Число приборов | Общая мощность | |
|--------------------------|----------|-----------------|---------------|-------|----------------|----------------|--------|
| | | | | | | P(Вт) | Q(вар) |
| 1.Счетчик актив. Энергии | САЗ-И681 | 2 | 2 | 0,38 | 1 | 4 | 9,7 |
| 2.Счетчик реак. Энергии | САЗ-И689 | 10 | 1 | 0 | 1 | 30 | 14,6 |
| 3.Вольтметр | Э-335 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | - |
| 4.Вольтметр | Э-350 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | - |
| Итого: | | | | | | 38 | 24,3 |

$$S_{2\text{расч.}} \leq S_{2\text{ном.}} \quad (4.82)$$

$$S_{2\text{расч.}} = \sqrt{38^2 + 24,3^2} = 45 \text{ ВА}$$

45 < 150 ВА

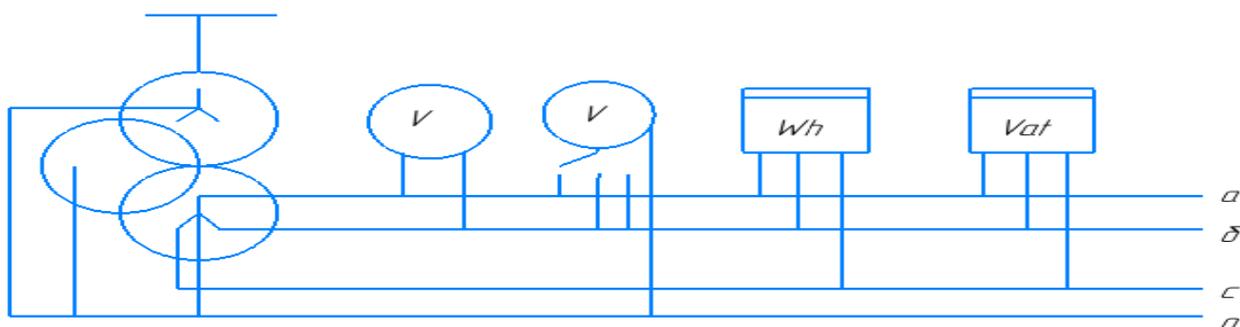


Рисунок 17 – Трансформатор напряжения

Вывод: выбранный трансформатор напряжения ЗНОЛ-6 проходит по всем параметрам.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 33 |

5. Выбор распределительных устройств всех напряжений.

Согласно НТП на напряжение 6 [кВ] применяется КРУ Комплексное распределительное устройство – это распределительное устройство, состоящее из металлических закрытых шкафов с встроенными в них аппаратами, измерительными и защитными приборами и вспомогательными устройствами. Для безопасности обслуживания и локализации аварии, аварийный корпус разделен на отсеки металлическими перегородками. Шкаф КРУ изготавливается на заводах что позволяет более тщательной сборки всех узлов и обеспечения надежной работы электрооборудования. Применение КРУ позволяет ускорить монтаж распределительного устройства. КРУ безопасно в обслуживании т.к. все части находящееся под напряжением, закрыты металлическим кожухом. В качестве изоляции между токоведущими частями в КРУ используется воздух и твердая изоляция. Для КРУ 6 [кВ] применяются выключатели объёмной конструкции а вместо разъединителей – втычные контакты. Применение КРУ приводит к сокращению объёма и сроков проектированию, при необходимости легко производится реконструкция и расширение электроустановки.

Согласно нормам технологического проектирования на напряжения 220 [кВ] Применяется открытое распределительное устройство (ОРУ). Распределительное устройство расположенное на открытом воздухе, называется открытым распределительным устройством. РУ напряжением 500 – 220 [кВ] выполняется

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 34 |

открытыми, они должны обеспечивать надежность работы, безопасность и удобство обслуживания минимальных затратах на сооружение возможность расширения, максимальное применение крупноблочных узлов заводского изготовления. Все аппараты доступны для наблюдения. Расстояние между токоведущими частями и от них до различных элементов ОРУ должно выбираться в соответствии с требованиями ПУЭ. Все аппараты ОРУ обычно располагаются на не высоких основаниях. По территории ОРУ предусматриваются проезды для возможности механизации, монтажа и ремонта оборудования. Под силовыми трансформаторами, предусматриваются маслоприемники, укладывается слой гравия толщиной не менее 25 [см] и масло стекает в аварийных случаях в маслосборники. Кабели оперативных цепей управления, релейной защиты, автоматики и воздухопроводы прокладываются в лотках из железобетонных конструкций без заглубления их в почву или металлических лотках, подвешенных к конструкциям ОРУ.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ТТТ 13.02.03.002.11.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 35 |