

Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет
Энергомашиностроительный факультет
Кафедра «Атомные и тепловые энергетические установки»

Расчётное задание

Дисциплина: Электрооборудование электростанций

Тема: Проектирование электрической части электростанции

Выполнил студент гр. 5037/1 А. В. Игнатьев

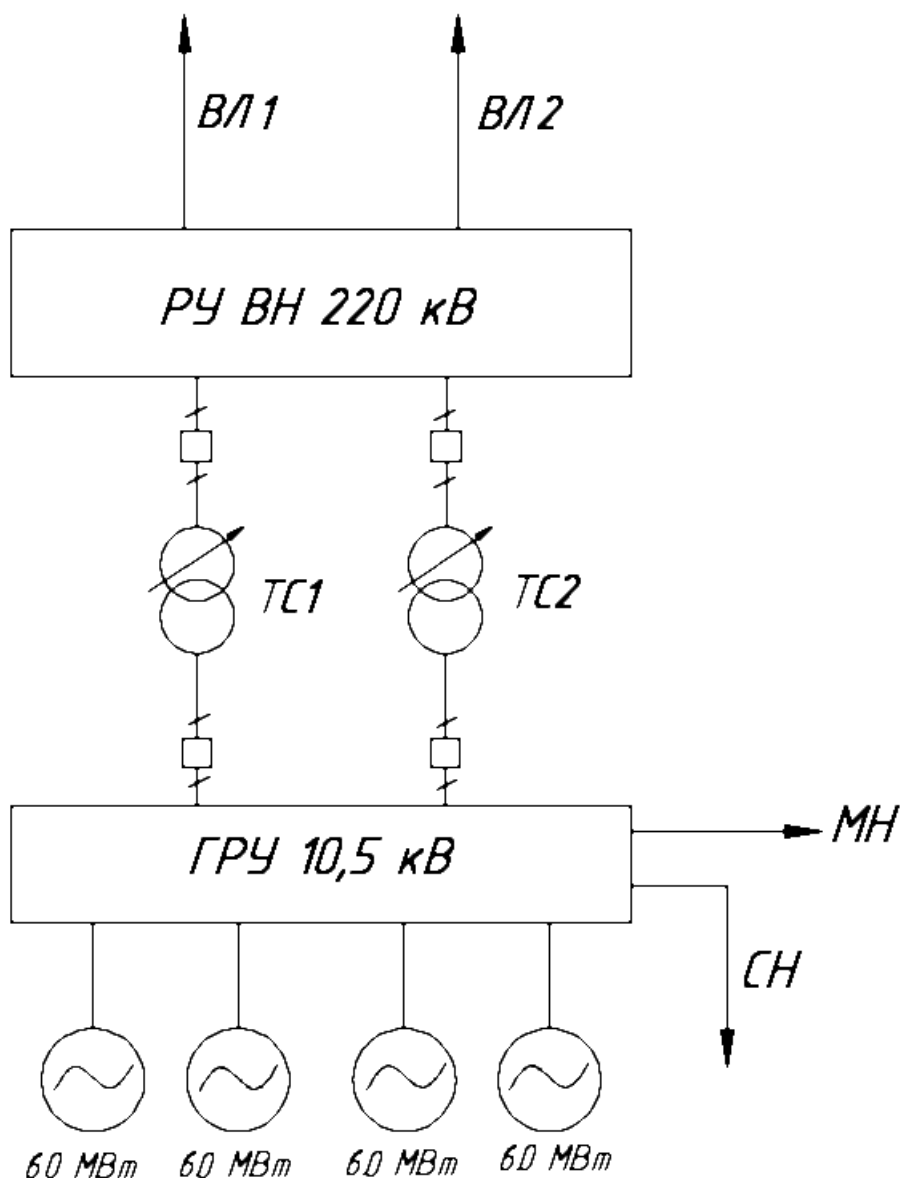
Принял преподаватель В. В. Карпов

« ____ » _____ 2009 г.

Оглавление

1. Структурная схема выдачи мощности.....	3
2. Выбор генераторов.....	3
3. Расчёт мощности перетоков и выбор трансформаторов связи.....	4
4. Выбор трансформаторов собственных нужд.....	4
5. Схема электрических соединений.....	4
6. Общая схема замещения.....	5
7. Расчет базисных условий и эквивалентных сопротивлений.....	5
8. Схемы замещения для точки короткого замыкания на РУ 220кВ (К1).....	6
9. Аналитический расчёт токов КЗ для точки К1.....	7
10. Схемы замещения для точки КЗ на ГРУ 10,5 кВ (К2).....	8
11. Аналитический расчёт токов КЗ для точки К2.....	8
12. Схемы замещения для точки короткого замыкания на шине собственных нужд (КЗ).....	9
13. Аналитический расчёт токов КЗ для точки КЗ.....	9
14. Определение расчётных токов.....	10
15. Выбор выключателей.....	10
16. Выбор разъединителей.....	12
17. Выбор шин и кабелей.....	13
18. Выбор измерительных трансформаторов.....	14
Список использованной литературы.....	15

1. Структурная схема выдачи мощности



Нагрузка собственных нужд порядка 10% установленной мощности,

$$P_{\text{сн}} = 4 \times 60 \times 0,1 = 24 \text{ МВт.}$$

Местная нагрузка обеспечена кабельными линиями, предельная мощность линии 5 МВт, число линий $n_{\text{л}} = P_{\text{мн max}}/P_{\text{л}} = 150/5 = 30$.

2. Выбор генераторов

Выбираем 4 турбогенератора ТВФ-63-2ЕУЗ: $n_{\text{ном}} = 3000$ об/мин, $P_{\text{ном}} = 63$ МВт, $S_{\text{ном}} = 78,75$ МВ·А, $U_{\text{ном}} = 10,5$ кВ, $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,8$, $x_d'' = 0,1361$. Номинальный ток генератора

$$I_{\text{Г ном}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} = \frac{78,75}{1,732 \cdot 10,5} = 4,33 \text{ кА.}$$

3. Расчёт мощности перетоков и выбор трансформаторов связи

1) При минимальной нагрузке МН

$$P_{\text{пер}} = P_{\Sigma\Gamma} - P_{\text{СН}} - P_{\text{МН min}} = 60 \times 4 - 25 - 130 = 80 \text{ МВт}$$

2) При максимальной нагрузке МН

$$P_{\text{пер}} = P_{\Sigma\Gamma} - P_{\text{СН}} - P_{\text{МН max}} = 60 \times 4 - 25 - 150 = 77 \text{ МВт}$$

3) При максимальной нагрузке МН без одного генератора

$$P_{\text{пер}} = P_{\Sigma\Gamma-1} - P_{\text{СН}} - P_{\text{МН max}} = 60 \times 3 - 25 - 150 = 14 \text{ МВт}$$

Принимаем максимальную активную мощность по случаю (1). Полная мощность

$$S_{\text{пер}} = \frac{P_{\text{пер}}}{\cos \varphi} = \frac{80}{0,8} = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А},$$

мощность трансформатора выбирается по перегрузочному коэффициенту $K_{\text{АП}} = 1,4$

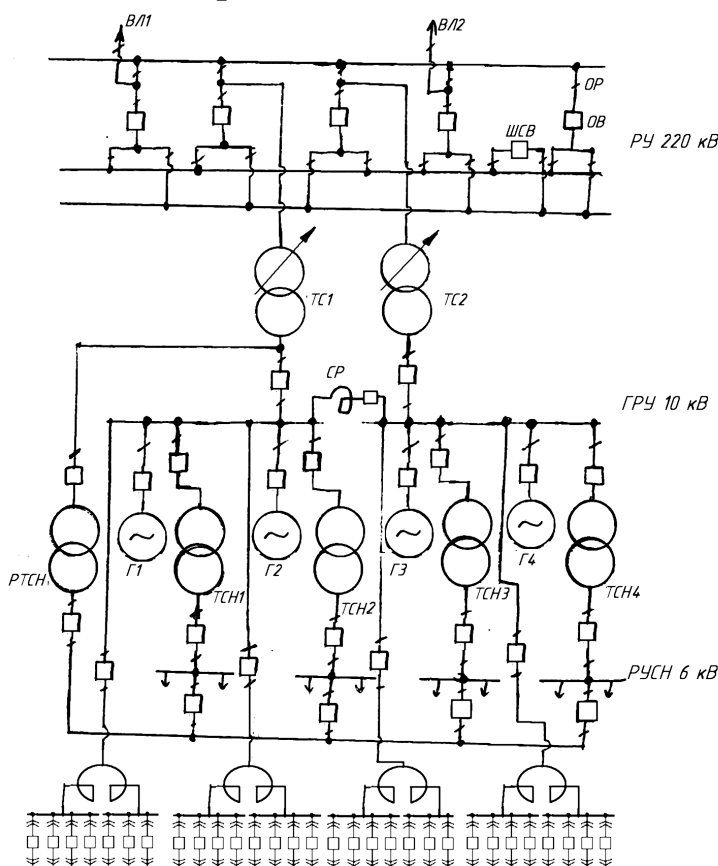
$$S_{\text{тр}} \geq \frac{S_{\text{пер}}}{K_{\text{АП}}} = \frac{100}{1,4} = 71,45 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Выбираем 2 трансформатора связи ТД-80 000/220: $S_{\text{ном}} = 80 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, $U_{\text{вн}} = 242 \text{ кВ}$, $U_{\text{нн}} = 10,5 \text{ кВ}$, $P_{\text{x}} = 79 \text{ кВт}$, $P_{\text{k}} = 315 \text{ кВт}$, $u_{\text{k}} = 11\%$, $I_{\text{x}} = 0,45\%$.

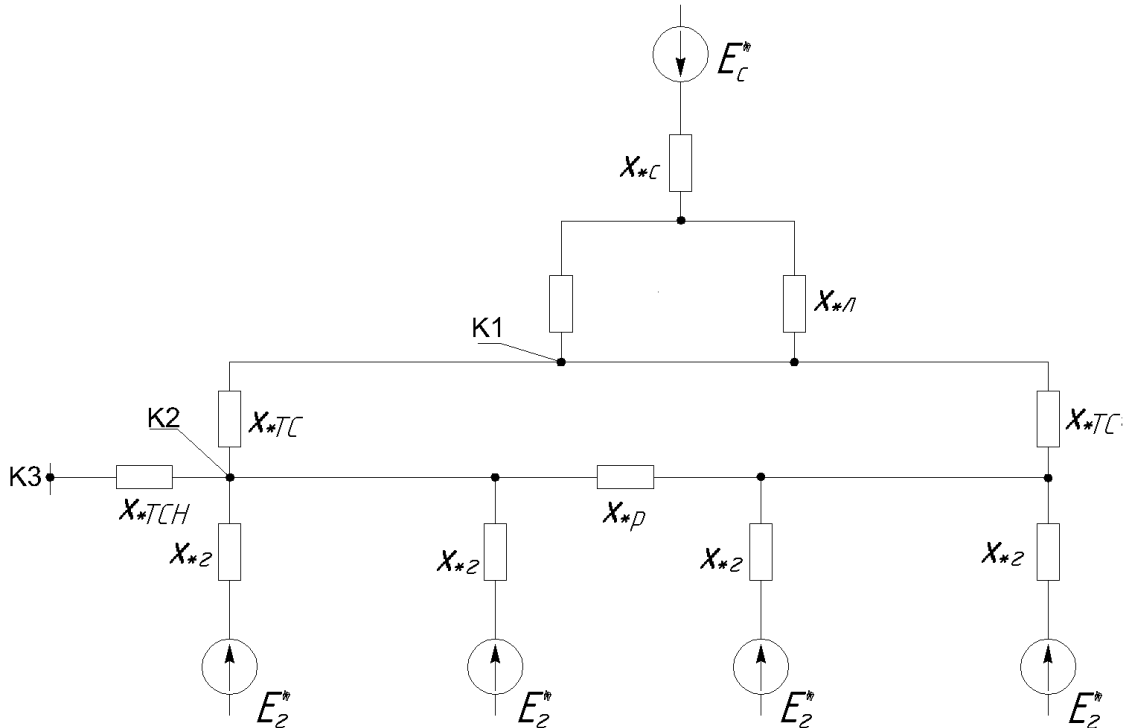
4. Выбор трансформаторов собственных нужд

Трансформаторы СН подключаются к каждому генератору; мощность собственных нужд 10%, т. е. 7,875 МВ·А. Выбираем 4 рабочих трансформатора собственных нужд ТДНС-10 000/35: $S_{\text{ном}} = 10\,000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, $U_{\text{вн}} = 10,5 \text{ кВ}$, $U_{\text{нн}} = 6,3 \text{ кВ}$, $P_{\text{x}} = 12 \text{ кВт}$, $P_{\text{k}} = 60 \text{ кВт}$, $u_{\text{k}} = 8\%$, $I_{\text{x}} = 0,75\%$. Устанавливаем также 1 РТСН того же типа.

5. Схема электрических соединений



6. Общая схема замещения



Рассматриваем трёхфазное замыкание в трёх основных точках: на шине РУ ВН (К1), на выводах генератора (К2) и на секции собственных нужд (К3).

7. Расчет базисных условий и эквивалентных сопротивлений

Выбираем базисную мощность $S_6 = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}$. Базисное напряжение при расчёте короткого замыкания равно номинальному для ступени, где произошло КЗ: для К1 $U_6 = 230 \text{ кВ}$, для К2 $U_6 = 10,5 \text{ кВ}$, для К3 $U_6 = 6,3 \text{ кВ}$. Для каждой точки КЗ рассчитывается значение базисного тока I_6 по формуле $I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}$:

$$\text{К1: } I_{61} = \frac{100 \text{ МВА}}{\sqrt{3} \cdot 230 \text{ кВ}} = 0,251 \text{ кА},$$

$$\text{К2: } I_{62} = \frac{100 \text{ МВА}}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \text{ кВ}} = 5,5 \text{ кА},$$

$$\text{К3: } I_{63} = \frac{100 \text{ МВА}}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \text{ кВ}} = 9,16 \text{ кА}.$$

Относительные сопротивления элементов короткозамкнутой цепи при базисных условиях: для генератора

$$x_{*Г} = \frac{x_d'' \cdot S_6}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{0,1361 \cdot 100}{78,75} = 0,1728,$$

для трансформатора связи

$$x_{*TC} = \frac{u_k \cdot S_6}{100\% \cdot S_{\text{НОМ}}} = \frac{0,11 \cdot 100}{80} = 0,1375;$$

предварительно принимаем секционный реактор РБГ-10-2500-0,20УЗ, $x_p = 0,20 \text{ Ом}$;

$$x_{*CP} = \frac{x_p \cdot S_\delta}{U_{ном}^2} = \frac{0,1361 \cdot 100}{10^2} = 0,2;$$

трансформатор собственных нужд

$$x_{*TCH} = \frac{u_k \cdot S_\delta}{100\% \cdot S_{ном}} = \frac{0,08 \cdot 100}{10} = 0,8;$$

сопротивление системы определим через мощность КЗ на шинах 220 кВ $S_c'' = 3000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$

$$x_{*c} = \frac{S_\delta}{S_c''} = \frac{100}{3000} = 0,033.$$

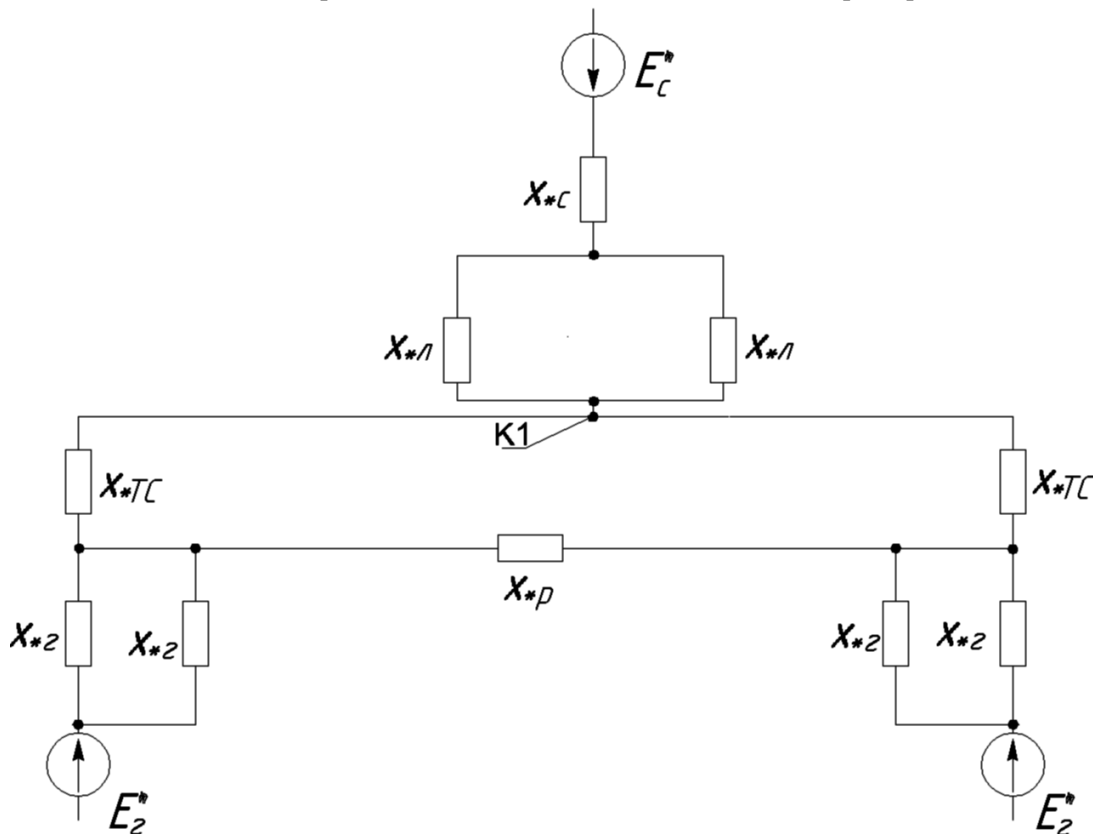
Также определим сопротивление высоковольтных линий: удельное сопротивление $x_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$, длина $l = 100 \text{ км}$,

$$x_{*вл} = \frac{x_0 l S_\delta}{U_{cp}^2} = \frac{0,4 \cdot 100 \cdot 100}{230^2} = 0,076.$$

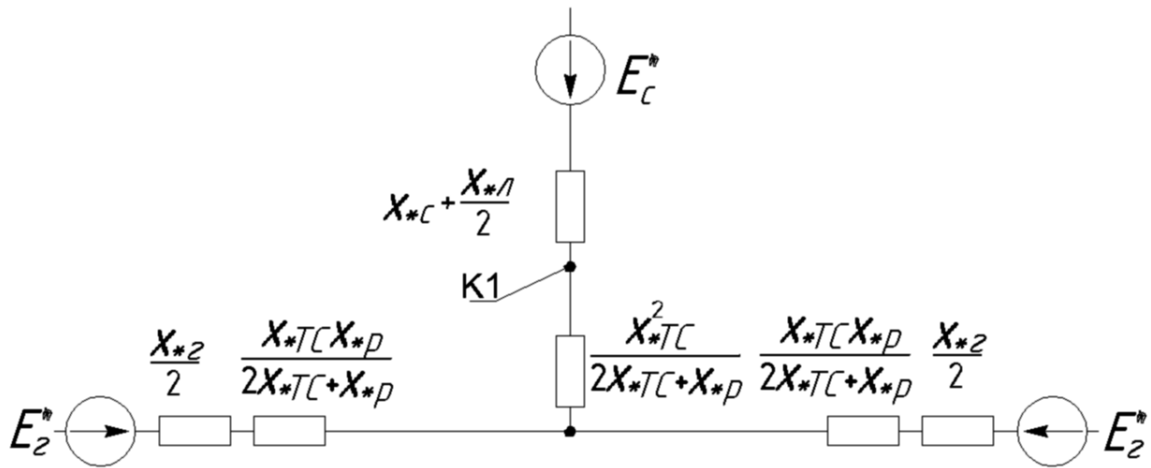
8. Схемы замещения для точки короткого замыкания на РУ 220кВ (К1)

Относительные ЭДС для генераторов примем $E_r'' = 1,08$, для системы $E_c'' = 1$.

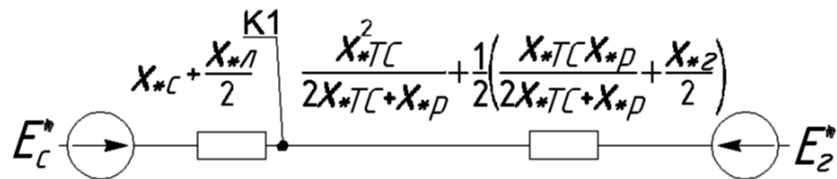
1) Объединяем точки равных потенциалов – смежные генераторы



2) Приводим параллельные и последовательные соединения; преобразуем треугольник в звезду



3) Приводим схему к окончательному виду



9. Аналитический расчёт токов КЗ для точки К1

Начальный сверхпереходный ток $I_{п0} = \frac{E_*''}{x_{рез}} I_0$; для связи с генераторами

$$x_{рез} = \frac{x_{*TC}^2}{2x_{*TC} + x_{*p}} + \frac{1}{2} \left(\frac{x_{*TC} x_{*p}}{2x_{*TC} + x_{*p}} + \frac{x_{*2}}{2} \right) =$$

$$= \frac{0,1375^2}{2 \cdot 0,1375 + 0,2} + \frac{1}{2} \left(\frac{0,1375 \cdot 0,2}{2 \cdot 0,1375 + 0,2} + \frac{0,1728}{2} \right) = 0,112,$$

$$I_{п01}^I = \frac{1,08}{0,112} \cdot 0,251 = 2,42 \text{ кА};$$

для связи с системой

$$x_{рез} = x_{*c} + \frac{x_{*л}}{2} = 0,033 + \frac{0,076}{2} = 0,071,$$

$$I_{п01}^{II} = \frac{1,08}{0,071} \cdot 0,251 = 3,81 \text{ кА}.$$

Ударный ток для данной точки

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y I_{\Sigma}'' ,$$

где $k_y = 1,92$ – ударный коэффициент; $I_{\Sigma}'' = I_{п0}^I + I_{п0}^{II}$ – суммарный ток.

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot 1,92 \cdot (2,42 + 3,81) = 8,81 \text{ кА}.$$

Периодический ток к моменту отключения τ

$$I_{п\tau 1} = I_{п0\Sigma} = 2,42 + 3,81 = 6,23 \text{ кА}.$$

К тому же моменту $\tau = 0,21$ с при постоянной времени цепи $T_a = 0,115$ с аperiodический ток равен

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} I_{\Sigma}'' e^{-\tau/T_a} = 1,414 \cdot 6,23 \cdot e^{-0,21/0,115} = 1,42 \text{ кА}.$$

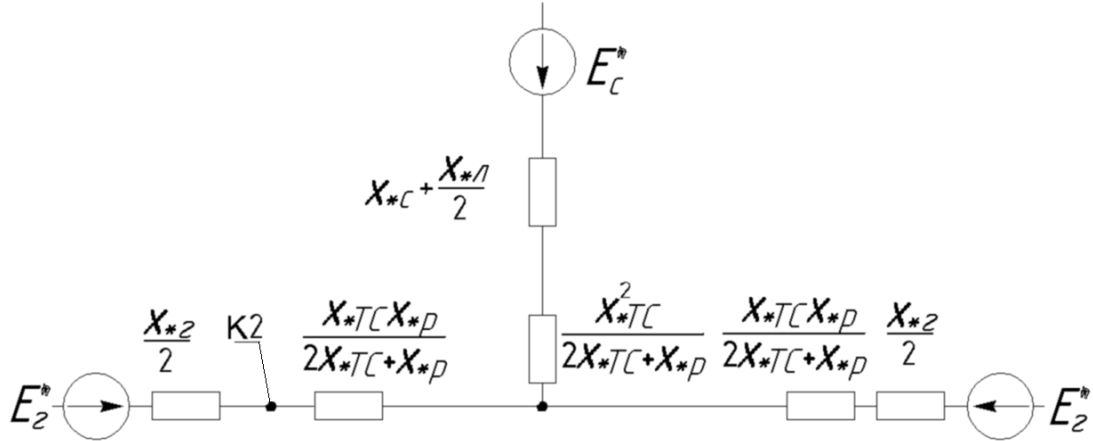
Тепловой импульс КЗ

$$B_{к1} = I''^2 (t_{откл} + T_d) = 6,23^2 \cdot (0,2 + 0,115) = 12,24 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Составление и расчёт схем для двух других случаев выполняются в целом аналогично.

10. Схемы замещения для точки КЗ на ГРУ 10,5 кВ (К2)

Аналогично предыдущему расчёту приходим к схеме (2)



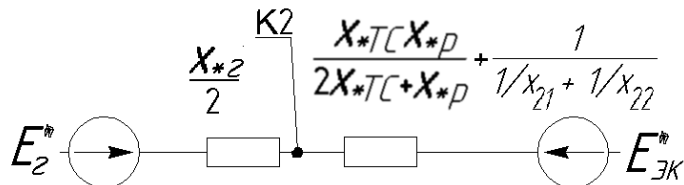
Заменив удалённые источники общим ЭДС, при

$$x_{21} = \frac{x_{*г}}{2} + \frac{x_{*тс}x_{*р}}{2x_{*тс} + x_{*р}},$$

$$x_{22} = x_{*c} + \frac{x_{*л}}{2} + \frac{x_{*тс}^2}{2x_{*тс} + x_{*р}},$$

$$E''_{эк} = \frac{E''_г x_{22} + E''_c x_{21}}{x_{22} + x_{21}}$$

получаем окончательную схему



11. Аналитический расчёт токов КЗ для точки К2

Из величин, не определённых в пп. 7, 9,

$$x_{21} = \frac{0,1728}{2} + \frac{0,1375 \cdot 0,2}{2 \cdot 0,1375 + 0,2} = 0,14,$$

$$x_{22} = 0,033 + \frac{0,076}{2} + \frac{0,1375^2}{2 \cdot 0,1375 + 0,2} = 0,11,$$

$$E''_{эк} = \frac{1,08 \cdot 0,11 + 1 \cdot 0,14}{0,11 + 0,14} = 1,03;$$

для связи с ближними генераторами $x_{рез} = x_{г}/2 = 0,0864$,

$$I_{п02}^I = \frac{1,08}{0,0864} \cdot 5,5 = 68,72 \text{ кА};$$

для связи с удалёнными источниками

$$x_{\text{рез}} = \frac{x_{*TC} x_{*p}}{2x_{*TC} + x_{*p}} + \frac{1}{1/x_{21} + 1/x_{22}} = \frac{0,1375 \cdot 0,2}{2 \cdot 0,1375 + 0,2} + \frac{1}{1/0,14 + 1/0,11} = 0,121,$$

$$I_{\text{п02}}^{\text{II}} = \frac{1}{0,121} \cdot 5,5 = 45,59 \text{ кА};$$

$$i_{y2} = \sqrt{2}(k_{y\Gamma} I_{\Gamma}'' + k_{yc} I_c'') = \sqrt{2} \cdot (1,95 \cdot 68,73 + 1,95 \cdot 45,59) = 315,2 \text{ кА};$$

относительное падение периодической составляющей тока на ближних генераторах в момент $\tau=0,21$ с и $I_{\Gamma}''/I_{\Gamma \text{ ном}} = 68,73/(4,33 \cdot 2) = 7,93$ $I_*(\tau)=0,63$,

$$I_{\text{п}\tau 2} = I_{\text{п02}}^{\text{II}} + I_*(\tau) I_{\text{п02}}^{\text{I}} = 45,59 + 0,63 \cdot 68,73 = 88,9 \text{ кА}.$$

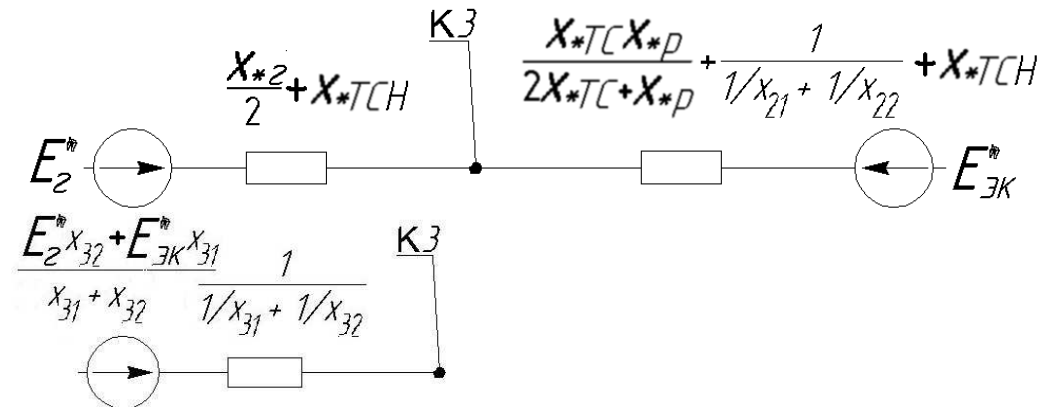
При $T_{a2} = 0,247$ с, $T_{ac} = 0,185$ с

$$i_{a\tau 2} = \sqrt{2}(I_{\Gamma}'' e^{-\tau/T_{ar}} + I_c'' e^{-\tau/T_{ac}}) = 1,414 \cdot (68,73 \cdot e^{-0,21/0,247} + 45,59 \cdot e^{-0,21/0,185}) = 62,25 \text{ кА}.$$

$$B_{\text{к2}} \approx I_{\Sigma}''^2 (t_{\text{откл}} + T_a) = (68,73 + 45,59)^2 \cdot (0,4 + 0,185) = 7644 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

12. Схемы замещения для точки короткого замыкания на шине собственных нужд (КЗ)

Схема отличается от предыдущей наличием сопротивления ТСН:



где

$$x_{31} = \frac{x_{*\Gamma}}{2} + x_{*ТСН},$$

$$x_{32} = x_{*ТСН} + \frac{x_{*TC} x_{*p}}{2x_{*TC} + x_{*p}} + \frac{1}{1/x_{22} + 1/x_{21}} = x_{*ТСН} + x_{\text{рез2}}^{\text{II}}.$$

13. Аналитический расчёт токов КЗ для точки КЗ

$$x_{31} = \frac{0,1728}{2} + 0,8 = 0,886,$$

$$x_{31} = 0,8 + 0,121 = 0,921,$$

$$x_{\text{рез}} = \frac{1}{1/x_{32} + 1/x_{31}} = \frac{1}{1/0,921 + 1/0,886} = 0,452,$$

$$I_{\text{п03}} = \frac{1,08 \cdot 0,921 + 1,03 \cdot 0,886}{0,921 + 0,886} \cdot 9,16 = 9,54 \text{ кА}.$$

Расчёт производится с учётом подпитки от двигателей, принимаем номинальный ток группы двигателей $I_{\text{дн}} = \frac{1,2 \cdot S_{\text{ном ТСН}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} = \frac{1,2 \cdot 10}{1,73 \cdot 6,3} = 1,1 \text{ кА}$, тогда

$$I_{\text{п0 д}} = \frac{I_{* \text{пуск}} 1,2 \cdot S_{\text{ном ТСН}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} = \frac{5,5 \cdot 1,2 \cdot 10}{1,73 \cdot 6,3} = 6,05 \text{ кА.}$$

$$i_{\text{у3}} = \sqrt{2} (k_{\text{уд}} I_{\text{п0 д}} + k_{\text{ус}} I_{\text{п0 с}}) = 1,414 \cdot (1,55 \cdot 6,05 + 1,935 \cdot 9,54) = 39,36 \text{ кА.}$$

$$I_{\text{пт3}} = I_{\text{п03}} = 9,54 \text{ кА,}$$

$$I_{\text{атд}} = I_{\text{п0 д}} e^{-\tau/T_{\text{аа}}} = 6,05 \cdot e^{-0,21/0,04} = 0,032 \text{ кА,}$$

$$I_{\text{птд}} = I_{\text{п0 д}} e^{-\tau/T_{\text{аа}}} = 6,05 \cdot e^{-0,21/0,07} = 0,30 \text{ кА;}$$

тепловые импульсы вычисляются отдельно для периодических и аperiodических токов:

$$B_{\text{кп}} = I_{\text{п0 с}}^2 t_{\text{откл}} + 0,5 I_{\text{п0 д}}^2 T_{\text{пд}} + 2 I_{\text{п0 с}} I_{\text{п0 д}} T_{\text{пд}} = \\ = 9,54^2 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 6,05^2 \cdot 0,07 + 2 \cdot 9,54 \cdot 6,05 \cdot 0,07 = 62,87 \text{ кА}^2 \cdot \text{с;}$$

$$B_{\text{ка}} = (I_{\text{п0 с}} + I_{\text{п0 д}})^2 T_{\text{асх}} = (9,54 + 6,05)^2 \cdot 1,01 = 24,58 \text{ кА}^2 \cdot \text{с,}$$

$$\text{где } T_{\text{асх}} = \frac{T_{\text{ас}} I_{\text{п0 с}} + T_{\text{ад}} I_{\text{п0 д}}}{I_{\text{п0 с}} + I_{\text{п0 д}}} = \frac{0,14 \cdot 9,54 + 0,04 \cdot 6,05}{9,54 + 6,05} = 0,101 \text{ с.}$$

14. Определение расчётных токов

Для цепей генератора

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{г ном}},$$

$$I_{\text{раб.утиж}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cdot 0,95 \cos \varphi} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 0,95 \cdot 0,8} = 4,56 \text{ кА;}$$

для блочных трансформаторов и трансформаторов СН

$$I_{\text{раб.утиж}} = K_{\text{пер}} \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}},$$

$$I_{\text{раб.утиж ТС}} = 1,4 \cdot \frac{80}{\sqrt{3} \cdot 242} = 0,267 \text{ кА, } I_{\text{раб.утиж ТС}} = 1,4 \cdot \frac{80}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 6,16 \text{ кА,}$$

$$I_{\text{раб.утиж ТСН}} = 1,4 \cdot \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,77 \text{ кА, } I_{\text{раб.утиж ТСН}} = 1,4 \cdot \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 1,28 \text{ кА.}$$

Для $n=2$ параллельных линий

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{n \sqrt{3} U_{\text{ном}}} = \frac{100}{2 \cdot 1,732 \cdot 220} = 0,131 \text{ кА,}$$

$$I_{\text{раб.утиж л}} = \frac{n S_{\text{нагр}}}{(n-1) \sqrt{3} U_{\text{ном}}} = 2 \cdot 0,131 = 0,262 \text{ кА.}$$

15. Выбор выключателей

Выключатели выбираются по следующим критериям:

- номинальное напряжение $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$;
- длительный номинальный ток $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{раб.утиж}}$;
- симметричный ток отключения $I_{\text{отк.ном}} \geq I_{\text{пт}}$;

- отключающая способность: номинальное допустимое значение аperiodической составляющей тока $i_{a,ном} = \sqrt{2} \frac{\beta_n}{100\%} I_{отк.ном} \geq i_{a,\tau}$ (β_n – нормированное содержание аperiodической составляющей в отключаемом токе; либо при выполнении условия из предыдущего пункта $\sqrt{2} \left(\frac{\beta_n}{100\%} + 1 \right) I_{отк.ном} \geq \sqrt{2} I_{пт} + i_{a,\tau}$);
- электродинамическая стойкость: действующее значение сквозной составляющей периодического сквозного тока $I_{днн} \geq I_{п0}$, наибольший пик (ток электродинамической стойкости) $i_{днн} \geq i_y$;
- термическая стойкость: $I_{тер}^2 t_{тер} \geq B_k$, $I_{тер}$, $t_{тер}$ – среднеквадратичное значение и длительность протекания тока термической стойкости.

а) Генераторные выключатели

Расчетная величина		Каталожные данные	
величина	значение	величина	значение
$U_{уст}$	10,5 кВ	$U_{ном}$	20 кВ
$I_{раб.утяж}$	4,56 кА	$I_{ном}$	6,3 кА
$I_{п0}$	79,95 кА	$I_{днн}$	105 кА
i_y	220,4 кА	$i_{днн}$	300 кА
$I_{пт}$	67,23 кА	$I_{откл.н}$	90 кА
$i_{a,\tau}$	41,48 кА	β_n	20%
$\sqrt{2} I_{пт} + i_{a,\tau}$	117,7 кА	$\sqrt{2} \cdot 1,2 I_{отк.ном}$	152,74 кА
B_k	7644 кА ² ·с	$I_{тер}$, $t_{тер}$	105 кА, 4 с

Выбранный выключатель: МГУ-20-90/6300УЗ.

б) Трансформаторов связи на ГРУ 10,5 кВ

Расчетная величина		Каталожные данные	
величина	значение	величина	значение
$U_{уст}$	10,5 кВ	$U_{ном}$	20 кВ
$I_{раб.утяж}$	6,16 кА	$I_{ном}$	12,5 кА
$I_{п0}$	114,31 кА	$I_{днн}$	125 кА
i_y	315,2 кА	$i_{днн}$	410 кА
$I_{пт}$	88,9 кА	$I_{откл.н}$	160 кА
$i_{a,\tau}$	62,25 кА	β_n	20%
$\sqrt{2} I_{пт} + i_{a,\tau}$	188,37 кА	$\sqrt{2} \cdot 1,2 I_{отк.ном}$	271,53 кА
B_k	7644 кА ² ·с	$I_{тер}$, $t_{тер}$	160 кА, 4 с

Выбранный выключатель: ВВГ-20-160/125000УЗ

в) Трансформаторов связи на РУ 220 кВ

Расчетная величина		Каталожные данные	
величина	значение	величина	значение
$U_{уст}$	220 кВ	$U_{ном}$	220 кВ
$I_{раб.утяж}$	0,267 кА	$I_{ном}$	1 кА
$I_{п0}$	6,23 кА	$I_{дин}$	25 кА
i_y	8,81 кА	$i_{дин}$	20 кА
$I_{пт}$	6,23 кА	$I_{откл.н}$	20 кА
$i_{a\tau}$	1,42 кА	β_n	25%
$\sqrt{2}I_{пт} + i_{a,\tau}$	10,23 кА	$\sqrt{2} \cdot 1,25 I_{откл.н}$	35,35 кА
B_k	12,24 кА ² ·с	$I_{тер}, t_{тер}$	20 кА, 3 с

Выборный выключатель: ВМТ-220Б-20/1000УХЛ1

г) Трансформаторов собственных нужд на РУСН 6,3 кВ

Расчетная величина		Каталожные данные	
величина	значение	величина	значение
$U_{уст}$	6,3 кВ	$U_{ном}$	6 кВ
$I_{раб.утяж}$	1,28 кА	$I_{ном}$	2 кА
$I_{п0}$	9,54 кА	$I_{дин}$	40 кА
i_y	39,36 кА	$i_{дин}$	125 кА
$I_{пт}$	9,87 кА	$I_{откл.н}$	40 кА
B_k	87,45 кА ² ·с	$I_{тер}, t_{тер}$	40 кА, 4 с

Выборный выключатель: ВЭМ-6-40

16. Выбор разъединителей

а) Для генераторных выключателей

Расчетная величина		Каталожные данные	
величина	значение	величина	значение
$U_{уст}$	10,5 кВ	$U_{ном}$	20 кВ
$I_{раб.утяж}$	4,56 кА	$I_{ном}$	6,3 кА
$I_{п0}$	79,95 кА	$I_{дин}$	260 кА
B_k	7644 кА ² ·с	$I_{тер}, t_{тер}$	100 кА, 4 с

Выборный разъединитель: РВРЗ-1-20/6300 УЗ

б) Для выключателей трансформаторов связи на ГРУ 10,5 кВ

Расчетная величина		Каталожные данные	
величина	значение	величина	значение
$U_{уст}$	10,5 кВ	$U_{ном}$	20 кВ
$I_{раб.утяж}$	6,16 кА	$I_{ном}$	6,3 кА
$I_{п0}$	114,41 кА	$I_{дин}$	260 кА
B_k	7644 кА ² ·с	$I_{тер}, t_{тер}$	100 кА, 4 с

Выбранный разъединитель: РВРЗ-1-20/6300 УЗ

в) Для выключателей на РУ 220 кВ

Расчетная величина		Каталожные данные	
величина	значение	величина	значение
$U_{уст}$	220 кВ	$U_{ном}$	220 кВ
$I_{раб.утяж}$	0,267 кА	$I_{ном}$	1 кА
$I_{п0}$	6,23 кА	$I_{дин}$	100 кА
B_k	12,24 кА ² ·с	$I_{тер}, t_{тер}$	40 кА, 4 с

Выбранный разъединитель: РНД-220/1000 У1

г) Для выключателей трансформаторов связи на РУСН 6,3 кВ

Расчетная величина		Каталожные данные	
величина	значение	величина	значение
$U_{уст}$	6,3 кВ	$U_{ном}$	10 кВ
$I_{раб.утяж}$	1,28 кА	$I_{ном}$	2 кА
$I_{п0}$	9,54 кА	$I_{дин}$	85 кА
B_k	87,45 кА ² ·с	$I_{тер}, t_{тер}$	31,5 кА, 4 с

Выбранный разъединитель: РВР-III-10/2000 УЗ

17. Выбор шин и кабелей

Шины и кабели выбираются по условиям нормального режима и проверяются на термическую и электродинамическую стойкость по току КЗ. Сечение шины или кабеля выбирается по наибольшей из величин:

- $S_{доп}$ – допустимое по току $I_{раб.утяж} \leq I_{доп}$;
- $S_{мин} \approx \frac{\sqrt{B_k}}{C}$ – минимальное допустимое сечение по условию термической стойкости, $C, A \cdot c^{1/2} / мм^2$ – функция, зависящая от типа проводника [3, с. 192];
- для кабеля также по $S_{эк} = \frac{I_{норм}}{j_{эк}}$, $j_{эк}$ – экономическая плотность тока.

а) Цепи генераторного напряжения 10 кВ

Выбираем алюминиевые шины из полос прямоугольного сечения, 4 полосы 120×10 на фазу, $I_{\text{раб.утяж}} = 4560 \text{ А} < 4650 \text{ А} = I_{\text{доп}}$;

$$S_{\text{min}} \approx \frac{\sqrt{7644 \cdot 10^6}}{91} = 961 \text{ мм}^2 < 1197 \text{ мм}^2 - \text{шины удовлетворяют обоим условиям.}$$

б) Цепи высоковольтных линий на РУ 220 кВ

Принимаем сталеалюминиевые провода марки АС сечением 70/11, $I_{\text{раб.утяж}} = 262 \text{ А} < 265 \text{ А} = I_{\text{доп}}$;

$$S_{\text{min}} \approx \frac{\sqrt{12,24 \cdot 10^6}}{90} = 38,9 \text{ мм}^2 < 81 \text{ мм}^2,$$

экономическая плотность тока $j_{\text{эк}} = 1 \text{ А/мм}^2$,

$$S_{\text{эк}} = \frac{131}{1} = 131 \text{ мм}^2 > 81 \text{ мм}^2.$$

в) Цепи ТС генераторного напряжения

Выбираем комплектный пофазно-экранированный токопровод ТЭНЕ-20-1000-375 УХЛ1, $I_{\text{раб.утяж}} = 6160 \text{ А} < 6300 \text{ А} = I_{\text{доп}}$, $i_{\text{дин}} = 250 \text{ кА}$.

г) Цепи ТС напряжения 220 кВ

Принимаем провод марки АС 95/16, $I_{\text{раб.утяж}} = 267 \text{ А} < 330 \text{ А} = I_{\text{доп}}$,

$$S_{\text{min}} \approx \frac{\sqrt{12,24 \cdot 10^6}}{90} = 38,9 \text{ мм}^2 < 91 \text{ мм}^2,$$

$$S_{\text{эк}} = \frac{131}{1} = 131 \text{ мм}^2 > 91 \text{ мм}^2.$$

18. Выбор измерительных трансформаторов

1) Трансформатор тока для цепи генератора 10,5 кВ

Условия выбора трансформатора тока: по напряжению установки $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$, по току $I_{\text{ном}} \geq I_{\text{раб.утяж}}$, по конструкции и классу точности, по электродинамической стойкости: $i_y \leq i_{\text{дин}} = \sqrt{2} k_{\text{дин}} I_{1\text{н}}$ (кроме шинных); по термической стойкости: $B_k \leq (k_{\text{тер}} I_{1\text{ном}}) t_{\text{тер}}$ (см. табл.); по вторичной нагрузке, заданной сопротивлением $Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}$ или мощностью $S_2 \leq S_{2\text{ном}} = I_{2\text{ном}}^2 Z_{2\text{ном}}$.

Расчетная величина		Каталожные данные	
величина	значение	величина	значение
$U_{\text{уст}}$	10,5 кВ	$U_{\text{ном}}$	10 кВ
$I_{\text{раб.утяж}}$	4,56 кА	$I_{\text{дл}}$	5 кА
S_2	14 В·А	$S_{2\text{н}}$	30 В·А
B_k	7644 кА ² ·с	$k_{\text{тер}}, t_{\text{тер}}$	35, 4 с

По параметрам подходит трансформатор ТШЛ-10.

2) Трансформатор напряжения для цепи генератора 10,5 кВ
 Выбирается по напряжению установки и мощности приборов

$$S_2 = \sqrt{\sum (S_{\text{приб}} \cos \varphi_{\text{приб}})^2 + \sum (S_{\text{приб}} \sin \varphi_{\text{приб}})^2} \leq S_{2\text{ном}}$$

Расчетная величина		Каталожные данные	
величина	значение	величина	значение
$U_{\text{уст}}$	10,5 кВ	$U_{\text{ном}}$	10 кВ
S_2	8,5 В·А	$S_{2н}$	75 В·А

По каталогу выбираем трансформатор НОМ-10-66УЗ.

Список использованной литературы

1. Петрова С. С. Проектирование электрической части станций и подстанций. Уч. пособие. – Л.: ЛПИ, 1989 г.
2. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы. – М.: Энергия, 1979 г.
3. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987 г.