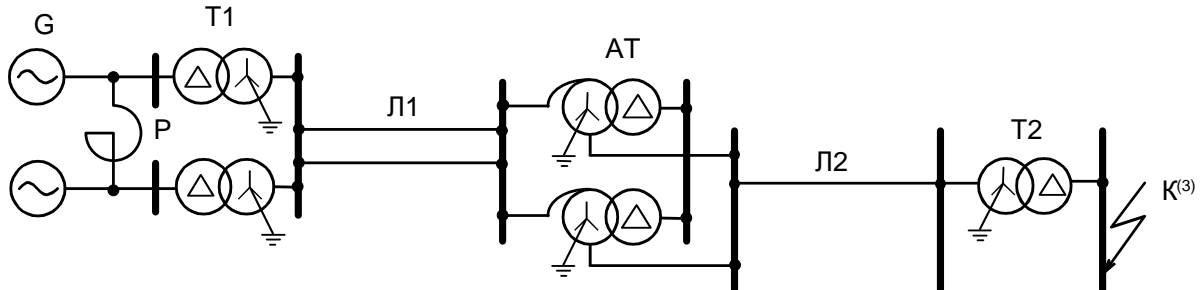


## Пример решения контрольной работы №1

Задача 1. Произвести расчёт сверхпереходного тока КЗ при трёхфазном повреждении в точке  $K$  для заданного участка энергосистемы (рис.1.1) в именованных и относительных базисных единицах с точным и приближённым приведением коэффициентов трансформации. Оба генератора до возникновения повреждения работали в номинальном режиме.

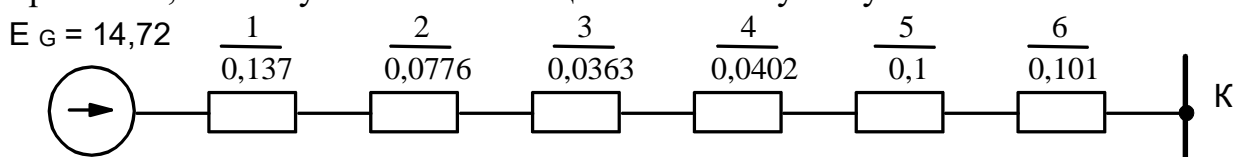


**Рис.1.1** Схема участка энергосистемы к примеру 1.1

Параметры элементов схемы:

- Генератор ТВФ-100-2:  $P_n = 100$  МВт;  $U_n = 10,5$  кВ;  $\cos\varphi = 0,85$ ;  $X_d'' = 0,183$ ;
- Трансформатор Т1: ТЦ-12500/220:  $S_n = 125$  МВА;  $U_{HH} = 10,5$  кВ;  $U_{BH} = 242$  кВ;  $U_{k\%} = 11\%$ ;
- Автотрансформатор АТДЦТН-200000/220/110  $S_t = 200$  МВА;  $U_{BH} = 220$  кВ;  $U_{CH} = 121$  кВ;  $U_{HH} = 38,5$  кВ;  $U_{k*BH} = 34\%$ ;  $U_{k*BC} = 11\%$ ;  $U_{k*CH} = 21\%$ ;
- Трансформатор Т2 ТРДЦН-125000/110:  $S_n = 125$  МВА;  $U_{BH} = 110$  кВ;  $U_{HH} = 11$  кВ;  $U_{k\%} = 10,5\%$ ;
- Двухцепная линия: длина Л1 = 60 км, погонное сопротивление  $X_{noz} = 0,4$  Ом/км;
- Одноцепная линия: длина Л2 = 25 км, погонное сопротивление  $X_{noz} = 0,4$  Ом/км.

◁ Используя рекомендации п.1.3, составим схему замещения (рис.1. 2). Генераторы, трансформаторы, двухцепная линия, автотрансформаторы, используя принцип симметрии, изображаются одним элементом, а наличие параллельного элемента учитывается при вычислении сопротивления. По реактору и обмоткам низшего напряжения автотрансформаторов ток КЗ не протекает, поэтому на схеме замещения они отсутствуют.



**Рис.1. 2** Схема замещения для примера 1.1

В качестве основной ступени принимается та ступень, где произошло КЗ. Напряжение на этой ступени 11 кВ.

Расчёт токов КЗ в именованных единицах с точным приведением коэффициентов трансформации.

Сопротивления всех элементов и ЭДС генераторов выразим в именованных единицах.

Сопротивление генератора, приведенное к его номинальным параметрам

$$X_G = X_d'' \frac{U_n^2 \cos \varphi}{P_n} = 0,183 \frac{10,5^2 \cdot 0,85}{100} = 0,171 \text{ Ом.}$$

Сопротивление двух генераторов, приведенное к ОС

$$X_1^o = \frac{X_G}{2} \left( \frac{242}{10,5} \right)^2 \left( \frac{121}{220} \right)^2 \left( \frac{11}{110} \right)^2 = \frac{0,171}{2} \left( \frac{242}{10,5} \right)^2 \left( \frac{121}{220} \right)^2 \left( \frac{11}{110} \right)^2 = 0,137 \text{ Ом.}$$

Сопротивление трансформатора Т1, приведенное к обмотке низкого напряжения

$$X_{T1} = \frac{U_{k\%}}{100\%} \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{11}{100} \frac{10,5^2}{125} = 0,097 \text{ Ом.}$$

Сопротивление двух трансформаторов Т1, приведенное к ОС

$$X_2^o = \frac{X_{T1}}{2} \left( \frac{242}{10,5} \right)^2 \left( \frac{121}{220} \right)^2 \left( \frac{11}{110} \right)^2 = \frac{0,097}{2} \left( \frac{242}{10,5} \right)^2 \left( \frac{121}{220} \right)^2 \left( \frac{11}{110} \right)^2 = 0,0776 \text{ Ом.}$$

Сопротивление одной цепи двухцепной линии Л1

$$X_{л1} = X_{ног} \cdot l = 0,4 \cdot 60 = 24 \text{ Ом.}$$

Сопротивление двухцепной линии Л1, приведенное к ОС

$$X_3^o = \frac{X_{л1}}{2} \left( \frac{121}{220} \right)^2 \left( \frac{11}{110} \right)^2 = \frac{24}{2} \left( \frac{121}{220} \right)^2 \left( \frac{11}{110} \right)^2 = 0,0363 \text{ Ом.}$$

Сопротивление автотрансформатора, приведенное к обмотке высокого напряжения

$$X_{AT} = \frac{U_{kBC\%}}{100\%} \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{11}{100} \frac{220^2}{200} = 26,6 \text{ Ом.}$$

Сопротивление двух автотрансформаторов, приведенное к ОС,

$$X_4^o = \frac{X_{AT}}{2} \left( \frac{121}{220} \right)^2 \left( \frac{11}{110} \right)^2 = \frac{26,62}{2} \left( \frac{121}{220} \right)^2 \left( \frac{11}{110} \right)^2 = 0,0402 \text{ Ом.}$$

Сопротивление одноцепной линии Л2

$$X_{л2} = X_{ног} \cdot l = 0,4 \cdot 25 = 10 \text{ Ом.}$$

Сопротивление одноцепной линии Л2, приведенное к ОС,

$$X_5^o = X_{л1} \left( \frac{11}{110} \right)^2 = 10 \cdot \left( \frac{11}{110} \right)^2 = 0,1 \text{ Ом.}$$

Сопротивление трансформатора Т2, приведенное к обмотке низкого напряжения, т.е. к ОС

$$X_6^o = \frac{U_{k\%}}{100\%} \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{10,5}{100} \frac{11^2}{125} = 0,101 \text{ Ом.}$$

Суммарное сопротивление цепи, приведенное к ОС

$$\overset{\circ}{X}_9 = \overset{\circ}{X}_1 + \overset{\circ}{X}_2 + \overset{\circ}{X}_3 + \overset{\circ}{X}_4 + \overset{\circ}{X}_5 + \overset{\circ}{X}_6 = 0,492 \text{ Ом.}$$

ЭДС генератора в относительных номинальных единицах

$$E_{G^*H}'' = \sqrt{(U_{*H} \cos \varphi_H)^2 + (U_{*H} \sin \varphi_H + I_{*H} X_d'')^2} = \\ = \sqrt{1 \cdot 0,85^2 + (1 \cdot 0,527 + 1 \cdot 0,183)^2} = 1,107.$$

ЭДС генератора в именованных единицах

$$E_{G_H}'' = E_{G^*H}'' U_H = 1,107 \cdot 10,5 = 11,62 \text{ кВ.}$$

ЭДС генератора, приведенная к ОС,

$$\overset{\circ}{E}_{G\bar{9}}'' = E_{G_H}'' \left( \frac{242 \ 121 \ 11}{10,5 \ 220 \ 110} \right) = 11,62 \frac{242 \ 121 \ 11}{10,5 \ 220 \ 110} = 14,72 \text{ кВ.}$$

Сверхпереходный ток КЗ на ОС

$$I_k'' = \frac{\overset{\circ}{E}_{G\bar{9}}''}{\sqrt{3} \overset{\circ}{X}_9} = \frac{14,72}{\sqrt{3} \cdot 0,492} = 17,29 \text{ кА.}$$

Расчёт токов КЗ в относительных базисных единицах с точным приведением коэффициентов трансформации.

Выбираем базисную мощность  $S_{\bar{6}} = 1000$  МВА и базисные напряжения ступеней. В качестве первой ступени принимается ступень, где произошло КЗ. Базисное напряжение первой ступени принимается равным действительному напряжению на этой ступени  $U_{\bar{6}I} = 11$  кВ. Относительные базисные напряжения остальных ступеней.

$$U_{\bar{6}II} = U_{\bar{6}I} \frac{110}{11} = 11 \frac{110}{11} = 110 \text{ кВ;}$$

$$U_{\bar{6}III} = U_{\bar{6}II} \frac{220}{121} = 110 \frac{220}{121} = 200 \text{ кВ;}$$

$$U_{\bar{6}IV} = U_{\bar{6}III} \frac{220}{121} = 110 \frac{10,5}{242} = 8,67 \text{ кВ.}$$

Сопротивление двух генераторов

$$X_{1*\bar{6}} = X_d'' \frac{S_{\bar{6}} \cos \varphi}{2 P_H} \left( \frac{U_H}{U_{\bar{6}IV}} \right)^2 = 0,183 \frac{1000 \cdot 0,85}{2 \cdot 100} \left( \frac{10,5}{8,67} \right)^2 = 1,14.$$

Сопротивление двух трансформаторов Т1

$$X_{2*\bar{6}} = \frac{U_{k\%}}{100\%} \frac{S_{\bar{6}}}{2 S_H} \left( \frac{U_H}{U_{\bar{6}IV}} \right)^2 = \frac{11}{100} \frac{1000}{2 \cdot 125} \left( \frac{10,5}{8,67} \right)^2 = 0,65.$$

Сопротивление двухцепной линии Л1

$$X_{3*\bar{6}} = \frac{X_{\text{ног}} l_1}{2} \frac{S_{\bar{6}}}{U_{\bar{6}III}^2} = \frac{0,4 \cdot 60}{2} \frac{1000}{110^2} = 0,3.$$

Сопротивление обмоток В-С напряжения двух автотрансформаторов

$$X_{4*\delta} = \frac{U_{kBC\%}}{100\%} \frac{S_{\delta}}{2S_H} \left( \frac{U_H}{U_{\delta III}} \right)^2 = \frac{11}{100} \frac{1000}{2 \cdot 200} \left( \frac{220}{200} \right)^2 = 0,333.$$

Сопротивление одноцепной линии Л2

$$X_{5*\delta} = X_{noz} l_2 \frac{S_{\delta}}{U_{\delta II}^2} = 0,4 \cdot 25 \frac{1000}{110^2} = 0,826.$$

Сопротивление трансформатора Т2

$$X_{6*\delta} = \frac{U_{k\%}}{100\%} \frac{S_{\delta}}{S_H} = \frac{10,5}{100} \frac{1000}{125} \left( \frac{10,5}{8,67} \right)^2 = 0,84.$$

Суммарное сопротивление цепи

$$X_{\gamma*\delta} = X_{1*\delta} + X_{2*\delta} + X_{3*\delta} + X_{4*\delta} + X_{5*\delta} + X_{6*\delta} = 4,086.$$

ЭДС генератора в относительных базисных единицах

$$E_{G*\delta}'' = \frac{E_G''}{U_{\delta IV}} = \frac{11,62}{8,67} = 1,34.$$

Относительный базисный ток КЗ

$$I_{k*\delta}'' = \frac{E_{G*\delta}''}{X_{\gamma*\delta}} = \frac{1,34}{4,086} = 0,328.$$

Сверхпереходный ток КЗ в именованных единицах

$$I_k'' = I_{k*\delta}'' I_{\delta I} = I_{k*\delta}'' \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} U_{\delta I}} = 0,328 \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 11} = 17,23 \text{ кА}.$$

Расчёт токов КЗ в именованных единицах с приближённым приведением коэффициентов трансформации.

Действительные напряжения на элементах схемы заменим средними значениями.

Сопротивления элементов схемы, приведенные к ОС

$$X_1^o = x_d'' \frac{U_H^2 \cos \varphi}{2P_H} \left( \frac{10,5}{10,5} \right)^2 = 0,183 \frac{10,5^2 \cdot 0,85}{2 \cdot 100} = 0,0857 \text{ Ом},$$

$$X_2^o = \frac{U_{k\%}}{100\%} \frac{U_H^2}{2S_H} \left( \frac{10,5}{10,5} \right)^2 = \frac{11}{100} \frac{10,5^2}{2 \cdot 125} = 0,0485 \text{ Ом},$$

$$X_3^o = \frac{X_{noz} l_1}{2} \left( \frac{10,5}{230} \right)^2 = 0,025 \text{ Ом},$$

$$X_4^o = \frac{U_{kBC\%}}{100\%} \frac{U_H^2}{2S_H} \left( \frac{10,5}{230} \right)^2 = \frac{11}{100} \frac{230^2}{2 \cdot 125} \left( \frac{10,5}{230} \right)^2 = 0,0485 \text{ Ом},$$

$$X_5^o = X_{noz} l_2 \left( \frac{10,5}{115} \right)^2 = 0,084 \text{ Ом},$$

$$X_6^o = \frac{U_{k\%}}{100\%} \frac{U_H^2}{S_H} = \frac{10,5}{100} \frac{10,5^2}{125} = 0,0926 \text{ Ом}.$$

Суммарное сопротивление цепи, приведенное к ОС

$$\overset{o}{X}_9 = \overset{o}{X}_1 + \overset{o}{X}_2 + \overset{o}{X}_3 + \overset{o}{X}_4 + \overset{o}{X}_5 + \overset{o}{X}_6 = 0,384 \text{ Ом.}$$

ЭДС генератора, приведенная к ОС

$$\overset{\circ}{E}''_{G9} = U_n \frac{10,5}{10,5} = 10,5 \text{ кВ.}$$

Сверхпереходный ток КЗ ОС

$$I_k'' = \frac{\overset{\circ}{E}''_{G9}}{\sqrt{3} \overset{o}{X}_9} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,384} = 15,81 \text{ кА.}$$

Расчёт токов КЗ в относительных базисных единицах с приближённым приведением коэффициентов трансформации.

Выбираем базисную мощность  $S_{\bar{o}} = 1000 \text{ МВА}$  и базисные напряжения ступеней. Базисные напряжения ступеней принимаются равным средним напряжениям на соответствующих ступенях:  $U_{\bar{o}I} = 10,5 \text{ кВ}$ ,  $U_{\bar{o}II} = 115 \text{ кВ}$ ;  $U_{\bar{o}III} = 230 \text{ кВ}$ ;  $U_{\bar{o}IV} = 10,5 \text{ кВ}$ . Определяем относительные сопротивления элементов схемы, приведенные к базисным условиям:

$$X_{1*\bar{o}} = X_d'' \frac{S_{\bar{o}} \cos \varphi}{2P_n} = 0,183 \frac{1000 \cdot 0,85}{2 \cdot 100} = 0,777;$$

$$X_{2*\bar{o}} = \frac{U_{k\%}}{100\%} \frac{S_{\bar{o}}}{2S_n} = \frac{11}{100} \frac{1000}{2 \cdot 125} = 0,44;$$

$$X_{3*\bar{o}} = \frac{X_{noz} l_1}{2} \frac{S_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}III}^2} = \frac{0,4 \cdot 60}{2} \frac{1000}{230^2} = 0,226;$$

$$X_{4*\bar{o}} = \frac{U_{kBC\%}}{100\%} \frac{S_{\bar{o}}}{2S_n} = \frac{11}{100} \frac{1000}{2 \cdot 200} = 0,275;$$

$$X_{5*\bar{o}} = X_{noz} l_2 \frac{S_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}II}^2} = 0,4 \cdot 25 \frac{1000}{115^2} = 0,756;$$

$$X_{6*\bar{o}} = \frac{U_{k\%}}{100\%} \frac{S_{\bar{o}}}{S_n} = \frac{10,5}{100} \frac{1000}{125} = 0,84.$$

Суммарное сопротивление цепи

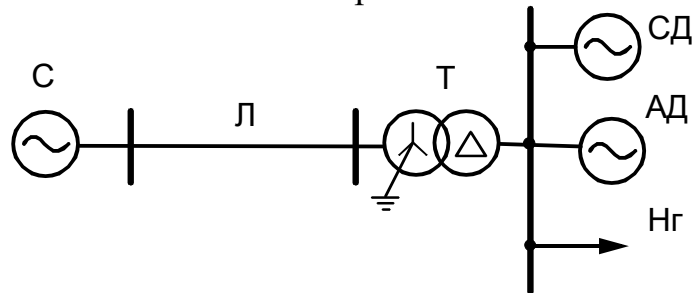
$$X_{9*\bar{o}} = X_{1*\bar{o}} + X_{2*\bar{o}} + X_{3*\bar{o}} + X_{4*\bar{o}} + X_{5*\bar{o}} + X_{6*\bar{o}} = 3,314.$$

Сверхпереходный ток КЗ

$$I_k'' = \frac{E_{9*\bar{o}}''}{X_{9*\bar{o}}} I_{\bar{o}I} = \frac{E_{9*\bar{o}}''}{X_{9*\bar{o}}} \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} U_{\bar{o}I}} = \frac{1}{3,314} \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 16,61 \text{ кА. } \triangleright$$

Значения токов КЗ, вычисленные с использованием точных и приближённых приведений коэффициентов трансформации (как в относительных, так и именованных единицах) не превышает 10%.

**Задача 2.** Произвести расчёт сверхпереходного тока КЗ для заданного участка энергосистемы (рис.1.3) при трёхфазном КЗ в точке *К* в именованных и относительных базисных единицах с приближённым приведением коэффициентов трансформации. Электрические двигатели до возникновения повреждения работали в номинальном режиме.

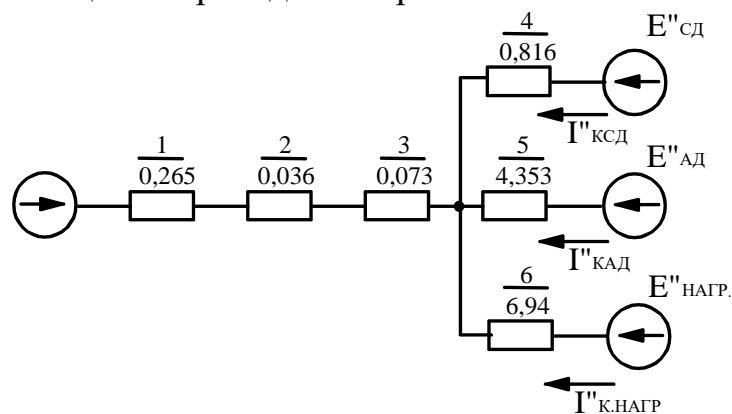


**Рис.1.3** Схема участка энергосистемы

Параметры элементов системы:

- система:  $S_c = 150$  МВА;
- линия Л: длина  $l = 30$  км, погонное сопротивление  $X_{\text{пог}} = 0,4$  Ом/км;
- трансформатор Т: ТРДЦН-60000/110:  $S_n = 60$  МВА;  $U_{BH} = 110$  кВ;  $U_{HH} = 11$  кВ;  $U_{k\%} = 10,5$  %;
- синхронный электродвигатель (СД):  $P_{CD} = 6,3$  МВт;  $U_n = 6$  кВ;  $\cos\varphi_{CD} = 0,9$ ;  $X_d'' = 0,144$ ;
- асинхронный электродвигатель (АД):  $P_{AD} = 1,25$  МВт;  $U_n = 6$  кВ;  $\cos\varphi_{AD} = 0,905$ ;  $k_{\text{пуск}} = 6,6$ ;
- обобщённая нагрузка (Нг):  $S_{\text{нагр}} = 2$  МВА;  $U_n = 6,3$  кВ;  $E_{\text{нагр}*} = 0,85$ ;  $X_{\text{нагр}*} = 0,35$ .

◁ Схема замещения приведена на рис.1. 4.



**Рис.1.4** Схема замещения

Расчёт токов КЗ в именованных единицах с приближённым приведением коэффициентов трансформации.

Действительные напряжения элементов схемы заменим средними. В качестве основной ступени принимается ступень напряжения 6,3 кВ – место повреждения.

Выразим сопротивления элементов схемы в именованных единицах и приведем их к основной ступени:  
система

$$\overset{\circ}{X}_1 = \frac{U_c^2}{S_c} \left( \frac{6,3}{115} \right)^2 = \frac{115^2}{150} \frac{6,3^2}{115^2} = 0,265 \text{ Ом},$$

линия

$$\overset{\circ}{X}_2 = X_{ног} l \left( \frac{6,3}{115} \right)^2 = 0,036 \text{ Ом},$$

трансформатор

$$\overset{\circ}{X}_3 = \frac{U_{k\%}}{100\%} \frac{U_n^2}{S_n} = \frac{11}{100} \frac{6,3^2}{60} = 0,073 \text{ Ом},$$

синхронный электродвигатель

$$\overset{\circ}{X}_4 = x_{CD}'' \frac{U_n^2 \cos \varphi_{CD}}{P_{CD}} = 0,144 \frac{6,3^2 0,9}{6,3} = 0,816 \text{ Ом},$$

асинхронный электродвигатель

$$\overset{\circ}{X}_5 = x_{AD}'' \frac{U_n^2 \cos \varphi_{AD}}{P_{AD}} = \frac{1}{k_{пуск}} \frac{U_n^2 \cos \varphi_{AD}}{P_{AD}} = \frac{1}{6,6} \frac{6,3^2 0,905}{1,25} = 4,353 \text{ Ом},$$

обобщённая нагрузка

$$\overset{\circ}{X}_6 = x_{нагр} \frac{U_n^2}{S_{нагр}} = 0,35 \frac{6,3^2}{2} = 6,94 \text{ Ом}.$$

При приближённом приведении коэффициентов трансформации ЭДС всех источников тока КЗ равны среднему номинальному напряжению ОС, - 6,3 кВ, следовательно,  $\overset{\circ}{E}_9 = 6,3$  кВ. Заданная схема является радиальной, поэтому при расчете токов трёхфазного КЗ, (в схеме нет элементов, по которым протекают токи от смежных ЭДС), токи отдельных ветвей вычисляются независимо.

Токи в ветвях схемы:

система (для ветви системы  $\overset{\circ}{X}_{эс} = \overset{\circ}{X}_1 + \overset{\circ}{X}_2 + \overset{\circ}{X}_3 = 0,374 \text{ Ом}$ )

$$I_{kc}'' = \frac{\overset{\circ}{E}_9}{\sqrt{3} \overset{\circ}{X}_{эс}} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 0,374} = 9,736 \text{ кА},$$

синхронный электродвигатель

$$I_{kCD}'' = \frac{\overset{\circ}{E}_9}{\sqrt{3} \overset{\circ}{X}_4} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 0,816} = 4,46 \text{ кА},$$

асинхронный электродвигатель

$$I''_{kAD} = \frac{E''_9}{\sqrt{3} X_5^o} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 4,353} = 0,836 \text{ кА},$$

обобщённая нагрузка

$$I''_{k.нагр} = \frac{E''_9}{\sqrt{3} X_5^o} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 6,94} = 0,524 \text{ кА}.$$

Полный ток в месте КЗ равен сумме токов всех присоединений  
 $I''_k = 9,736 + 4,46 + 0,836 + 0,524 = 15,556 \text{ кА}.$

Расчёт токов КЗ в относительных базисных единицах с приближённым приведением коэффициентов трансформации.

Выбираем базисную мощность  $S_{\bar{o}} = 1000 \text{ МВА}$  и базисные напряжения ступеней. Базисные напряжения ступеней принимаются равным средним напряжениям на соответствующих ступенях:  $U_{\bar{o}I} = 6,3 \text{ кВ}$ ,  $U_{\bar{o}II} = 115 \text{ кВ}$ . Определяем относительные сопротивления элементов схемы, приведенные к базисным условиям:

$$X_{1*\bar{o}} = \frac{U_c^2}{S_c} \frac{S_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}II}^2} = \frac{S_{\bar{o}}}{S_c} = \frac{1000}{150} = 6,67;$$

$$X_{2*\bar{o}} = X_{ног} l \frac{S_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}II}^2} = 0,4 \cdot 30 \frac{1000}{115^2} = 0,907;$$

$$X_{3*\bar{o}} = \frac{U_{k\%}}{100\%} \frac{S_{\bar{o}}}{S_n} = \frac{11}{100} \frac{1000}{60} = 1,83;$$

$$X_{4*\bar{o}} = X''_{CD} \frac{S_{\bar{o}} \cos \varphi_{CD}}{P_{CD}} = 0,144 \frac{1000 \cdot 0,9}{6,3} = 20,57;$$

$$X_{5*\bar{o}} = X''_{AD} \frac{S_{\bar{o}} \cos \varphi_{AD}}{P_{AD}} = \frac{1}{k_{пуск}} \frac{S_{\bar{o}} \cos \varphi_{AD}}{P_{AD}} = \frac{1}{6,6} \frac{1000 \cdot 0,905}{1,25} = 109,7;$$

$$X_{6*\bar{o}} = X_{нагр*} \frac{S_{\bar{o}}}{S_{нагр*}} = 0,35 \frac{1000}{2} = 175.$$

При приближённом приведении коэффициентов трансформации ЭДС всех источников тока КЗ равны 1.

Токи в ветвях схемы:

система (для ветви системы  $X_{9*\bar{o}} = X_{1*\bar{o}} + X_{2*\bar{o}} + X_{3*\bar{o}} = 9,41$ )

$$I''_{kc} = \frac{E''_{*\bar{o}}}{X_{9*\bar{o}}} I_{\bar{o}I} = \frac{E''_{*\bar{o}}}{X_{9*\bar{o}}} \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} U_{\bar{o}I}} = \frac{1}{9,41} \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,726 \text{ кА},$$

синхронный электродвигатель

$$I''_{kCD} = \frac{E''_{*\bar{o}}}{X_{4*\bar{o}}} I_{\bar{o}I} = \frac{E''_{*\bar{o}}}{X_{4*\bar{o}}} \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} U_{\bar{o}I}} = \frac{1}{20,571} \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 4,46 \text{ кА},$$



асинхронный электродвигатель

$$I''_{kAD} = \frac{E''_{\delta}}{X_{5*\delta}} I_{\delta I} = \frac{E''_{\delta}}{X_{5*\delta}} \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta I}} = \frac{1}{109,7} \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 0,836 \text{ кА},$$

обобщённая нагрузка

$$I''_{k.нагр} = \frac{E''_{\delta}}{X_{6*\delta}} I_{\delta I} = \frac{E''_{\delta}}{X_{6*\delta}} \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta I}} = \frac{1}{175} \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 0,524 \text{ кА}.$$

Полный ток в месте КЗ равен 15,556 кА. ▷