

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**  
**Энерго -механический факультет**  
**Кафедра «Электроэнергетика»**

# ***Курсовая работа***

**по курсу «Переходные процессы»**

**Выполнил(а): группы 5-03 ЭЭ**  
**Рахмонов Фарход**  
**Принял: ст.преп Эшев Х.Х**

**Навои-2015г.**

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**  
**Энерго-механический факультет**  
**Кафедра «Электроэнергетика»**

# ***Пояснительная записка***

**по курсу «Переходные процессы»**

**Выполнил(а): группы 5-03 ЭЭ**  
**Рахмонов Фарход**  
**Принял: ст.преп Эшев Х.Х**

**Навои-2015г.**

**“Утверждаю”**  
«\_\_\_\_\_» «\_\_\_\_\_» 2015й.  
зав.каф. «Электроэнергетика»  
\_\_\_\_\_ доц. Товбаев А.Н.

## Задание

по выполнению курсовой работы  
по предмету: «Переходные процессы»

Студента (ки) 3 курса \_\_\_\_\_ группы 5-03 ЭЭ

**Рахмонов Фарход**

Вариант 4

**1.Тема курсовая работа:** Расчёт короткого замыкания

**2.Исходные данные:** 1.Номинальная мощность трансформаторов, 200,250,400,250 МВА  
2.Номинальное напряжение трансформаторов 110/220 кВ.  
3.Длина дороги передаваемого электроэнергии, L, 60,80,90,160 км.  
4.Номинальная мощность потребителей:  $P_1$ , \_\_\_\_\_ МВт;  $P_2$ , \_\_\_\_\_ МВт;  
5.Коэффициент мощности потребителей:  $0,85 \cos\varphi_1$ ,  $0,85 \cos\varphi_2$ .  
6.Мощность Энергосистемы :  $S_c$ , 150 МВА;  
7.Точка короткого замыкания и вид:  $K_2^{(3)}$

**3.Пособие:** С.А Ульянов. “Электромеханические переходные процессы в электрических системах” 1987  
В.А Веников “Электромеханические переходные процессы в электрических системах” М. 1987 г  
Гуревич Ю.Е. и др. Расчеты устойчивости и противоаварийная автоматика в энергосистемах. 1990  
Сайт: [www.energystrategy.ru](http://www.energystrategy.ru)  
[www.uzenergy.uzpak.ru](http://www.uzenergy.uzpak.ru)

**4.Графическая часть:** Расчётная схема варианта

**5.Содержание пояснительной записки:** 1.Введение

2.Составлять приведенную электрическую схему сети

3.Расчет короткого замыкания на единицах

А) Расчет электрических сопротивлений сети

расчет токов короткого замыкания на единицах

Б) Расчет сопротивлений электрической сети

Д) Приведение элементов ЭДС электрических сетей,  
и сопротивление прямой, обратной, нулевой  
последовательностей к точке КЗ

4.Расчет коротко замкнутых токов

5.Заключени

**6.График сдачи проектов:** План \_\_\_\_\_ Фактический \_\_\_\_\_

Этапы					Защита
1	2	3	4	5	

Руководитель \_\_\_\_\_

## ЗАДАНИЕ ПО КУРСОВОЙ РАБОТЕ.

Это курсовая работа включает в себя основные виды коротко замкнутых токов возникающих в переходных процессах.

Курсовая работа состоит из:

1. Введение
2. Составлять приведенную электрическую схему сети
3. Расчет короткого замыкания на единицах
  - а) Расчет электрических сопротивлений сети  
расчет токов короткого замыкания на единицах
  - б) Расчет сопротивлений электрической сети
  - с) Приведение элементов ЭДС электрических сетей, и сопротивление прямой, обратной, нулевой последовательностей к точке КЗ
4. Расчет коротко замкнутых токов
5. Заключение

Курсовая работа состоит из 25-30 листов пояснительной записки, и приведена упрощенная электрическая схема.

В задании этой курсовой работы дается электрическая схема, приведенная точка короткого замыкания, и главные величины элемента электросети

1. Номинальная мощность трансформаторов, МВА
2. Номинальное напряжение трансформаторов, кВ.
3. Длина дороги передаваемого электроэнергии, L, км.
4. Номинальная мощность потребителей:  $P_1$ , МВт ;  $P_2$ , МВт ;
5. Коэффициент мощности потребителей:  $\cos\varphi_1$ ,  $\cos\varphi_2$ .
6. Мощность Энергосистемы :  $S_c$ , МВА;
7. Точка короткого замыкания и вид:  $K_n^{(m)}$

Где: n-точка короткого замыкания, m-вид короткого замыкания. Например К2(3)- короткая замыкания 2-точке и 3 –обозначает трех фазный

Варианты курсовой работы приведены ниже следующей таблице:

№	$S_c$ МВА	$S_{T1}$ МВА	$S_{T2}$ МВА	$S_{T3}$ МВА	$S_{T4}$ МВА	$L_1$ , Км	$L_2$ , Км	$L_3$ , Км	$L_4$ , Км	$\cos\varphi$	$P_1$ , МВт	$\cos\varphi$	$P_2$ , МВт	Точка К.З., $K_n^{(m)}$
4	150	200	250	400	250	60	80	90	160	0.85	200	0.85	200	$K_2^{(3)}$

## В в е д е н и е

В в е д е н и и Курсового проекта приведены значения расчет токов КЗ и электромагнитные переходные процессы в системах энергетики. В этом проекте дается основной цель и задание выполнения курсовой работы.

Электроэнергетика - одна из основных опор экономики Республики Узбекистан. Развитие этой отрасли, непосредственно в руках молодых специалистов. Потому что, в данное время одно из актуальных проблем в системе электроэнергетики считается повышение достоверности электроснабжения и бесперебойное снабжение.

Электродинамическая устойчивость – это устойчивость шины, упорные изоляторы и все тока проводящие конструкции между фазой, во время прохождения ударного тока, конструкция должен выдержит возникающего момента ударного тока.

Термодинамическая устойчивость – это устойчивость шины, кабелей, выключателей на температуру ударного тока КЗ. Ударные токи КЗ сможет выдержать десятки номинальных токов, даже до  $300^0\text{C}$ , для алюминий  $200^0\text{C}$ . Продолжительность времени

цикла не потеряет свою механическую устойчивость до  $110^0\text{C}$ . Каждый тока проходящие элементы подстанции должны сравниваться и провериться на приведенные данные.

Коротким замыканием называют всякое непредусмотренное нормальными условиями работы замыкание между фазами, а в системах с заземленными нейтралами (или четырехпроводных) – также замыкание одной или нескольких фаз на землю (или на нулевой провод).

В системах с незаземленными нейтралами или с нейтралами, заземленными через специальные компенсирующие устройства, замыкание одной из фаз на землю называют простым замыканием. При этом виде повреждения прохождение тока обусловлено главным образом емкостью фаз относительно земли.

Когда токи достаточно велики (сотни ампер и более), сопротивление дуги приблизительно постоянно и по своему характеру почти чисто активное. С уменьшением тока и увеличением длины дуги, что имеет место в течение переходного процесса, ее сопротивление возрастает. Наглядной иллюстрацией такого изменения могут служить графики, полученные экспериментально при возникновении самопогасающих дуг на линиях 110 кВ с деревянными опорами.

Естественно, при прочих равных условиях ток при металлическом замыкании больше, чем при наличии переходного сопротивления. Поэтому, когда требуется найти возможные наибольшие величины токов, исходят из наиболее тяжелых условий, считая, что в месте замыкания отсутствуют какие-либо переходные сопротивления.

В трехфазных системах с заземленной нейтралью различают следующие основные виды коротких замыканий в одной точке:

- а) трехфазное;
- б) двухфазное;
- в) однофазное;
- г) двухфазное на землю, т.е. замыкание между двумя фазами с одновременным замыканием той же точки на землю.

## Расчет токов КЗ в наименованных единицах.

*Расчет сопротивлений электросети.* На основы приведенной схемой рассчитывается индуктивные сопротивление элементов электрической сети. Расчетные формулы дано на таб. Во время расчетах сопротивление, выбираются высокая напряжения трансформатора.

*Приведение сопротивления прямой последовательности электрической сети в точку КЗ.* Здесь сборка сопротивление и ЭДС исходную схему осуществляется на основы правилах замещение электрической схемы. *Приведение сопротивление обратной последовательности и ЭДС элементов электрической сети на точку КЗ.* Схема замещения обратной последовательности одинока схемой замещения прямой последовательности, толка отличается сопротивлениями элементов. Здесь индуктивные сопротивление асинхронных и синхронных машин, умножается на 20% замещение повторяется таким же образом.

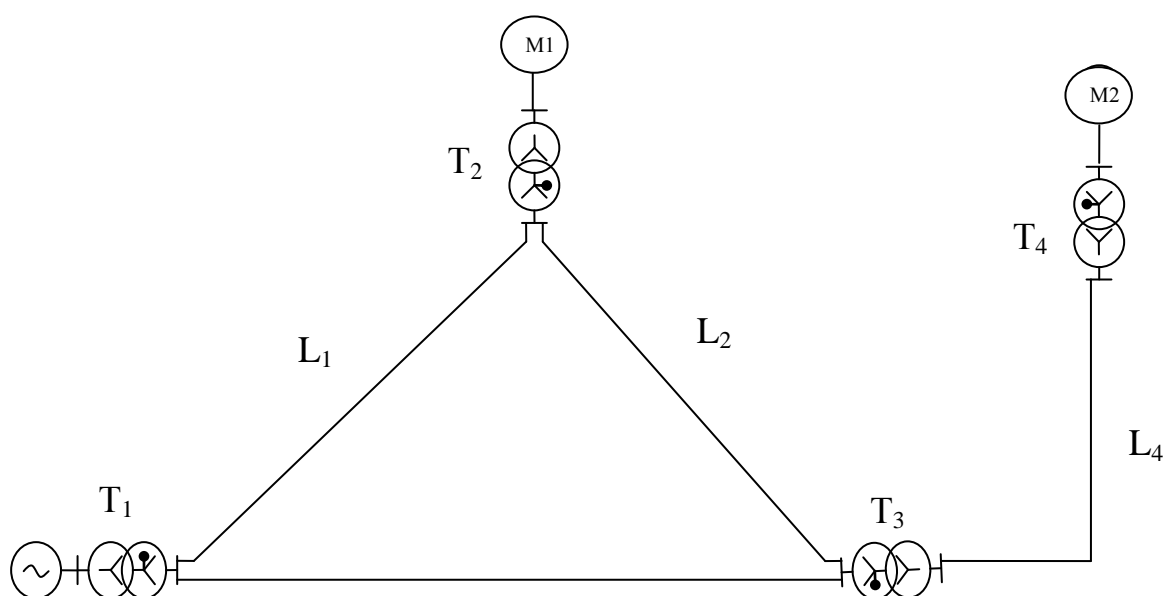
*Приведение сопротивление нулевой последовательности элементов электрической сети на точку КЗ.* Исходная схема нулевой последовательности охватывает в себе, толка элементов электрической схемы, соединенных на землю. Это схема получается путем, удаление элементов имеющих изоляционных нейтралов от первоначальной схемы.

*Приведение ЭДС элементов электрической сети на точку КЗ* - Рассчитывается ЭДС нагрузки, энергосистема, электростанции на основы приведенных

выражениях таб. Эти ЭДС приводятся к точке КЗ на основы правилах «замещения электрических схем».

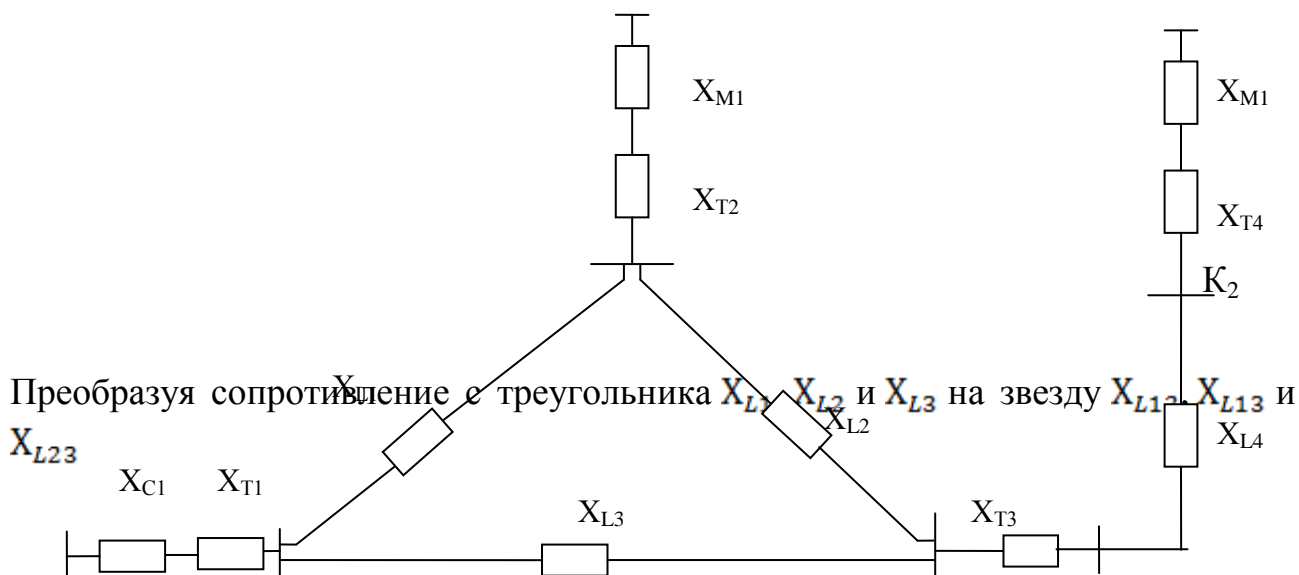
## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО РАБОТА .

Составление схема замещения, и расчет сопротивление. В целях расчет сопротивление и упрощение схемы рассматриваем этого примера. Для этого нужно рассчитать тока КЗ в точке К<sub>2</sub> рис-1.

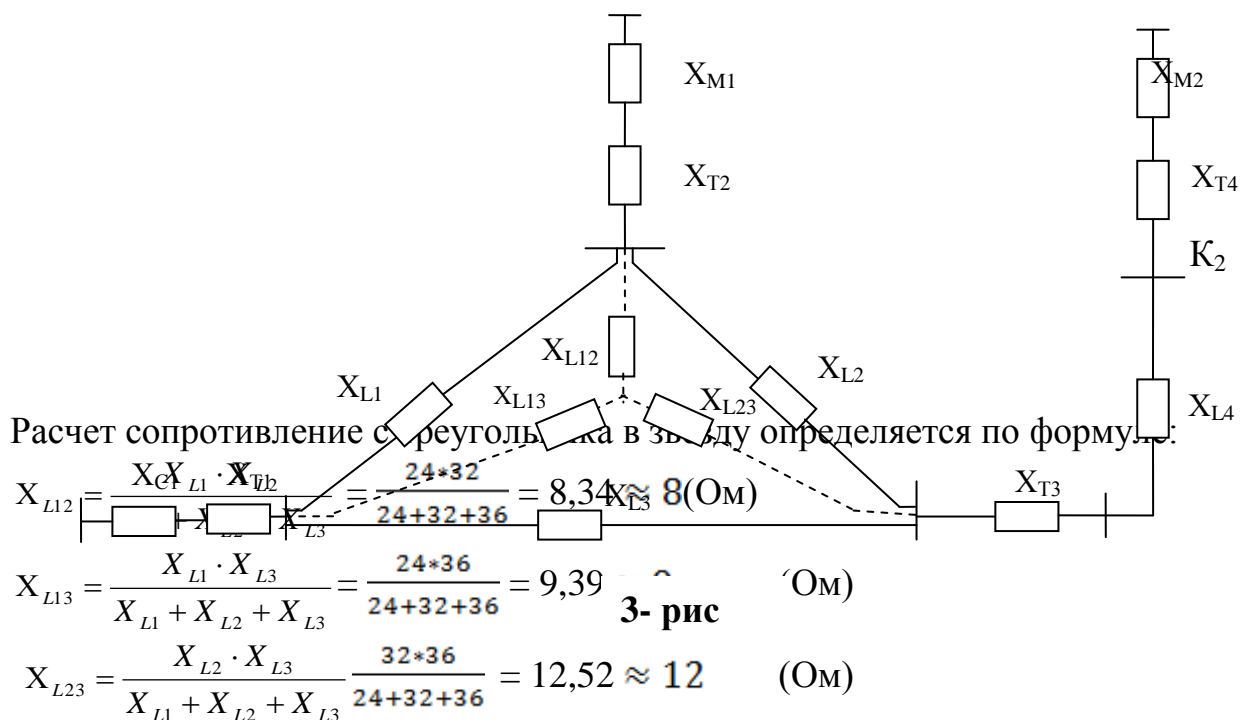


1 - рис

Составим схему замещения (2 - рис).



2 - рис



Рассчитаем сопротивление системы и генератора, где имеется  $X_c$  и  $X_r$

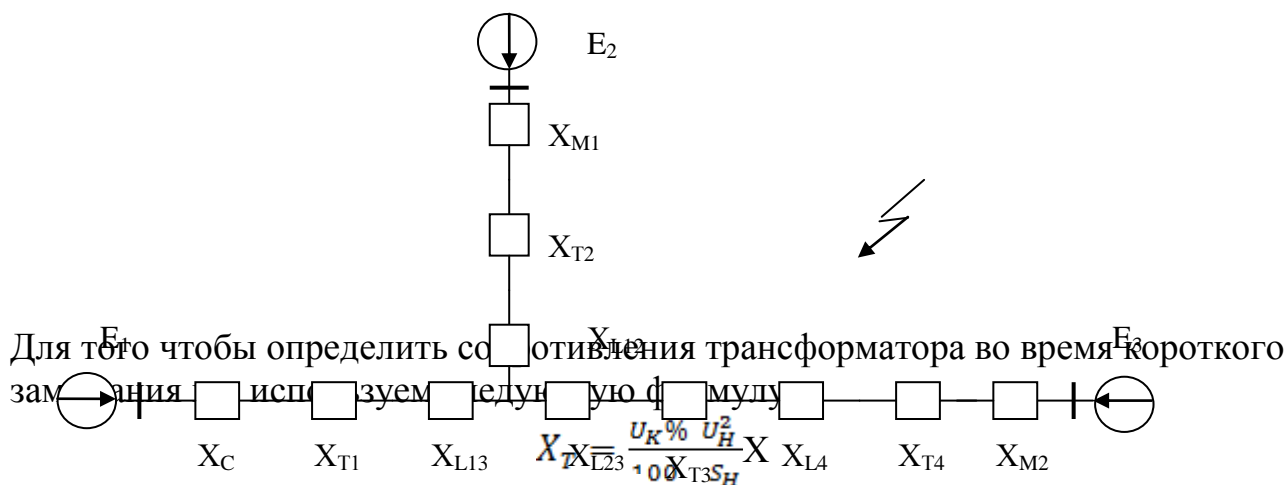
Для энергосистемы 
$$X_c = X_d'' \frac{U_H^2}{S_c} = 0,2 \frac{500^2}{150} = 333,3 \text{ (Ом)}$$

Для первого генератора 
$$X_{r1} = X_d'' \frac{U_H^2}{S_c} = 0,2 \frac{10^2}{200} = 0,1 \text{ (Ом)}$$

Для второго генератора 
$$X_{r2} = X_d'' \frac{U_H^2}{S_c} = 0,2 \frac{10^2}{200} = 0,1 \text{ (Ом)}$$

После этого схема замещения цепи имеет следующий вид и этим же мы произведем расчет по каждой элементу, в последовательно суммируя их определяем короткое замыкания в заданной точке

Суммировав всех сопротивлений, определяем общую сопротивлению (4 – рис):



Далее подставляя значение **4 - рис** сопротивление трансформатора для каждого

Для первого трансформатора  $X_T = \frac{U_K\%}{100} \frac{U_H^2}{S_H} = \frac{10.5}{100} * \frac{10^2}{200} = 0.0525 \text{ (Ом)}$

Для второго трансформатора  $X_T = \frac{U_K\%}{100} \frac{U_H^2}{S_H} = \frac{10.5}{100} * \frac{10^2}{250} = 0.042 \text{ (Ом)}$

Для третьего трансформатора  $X_T = \frac{U_K\%}{100} \frac{U_H^2}{S_H} = \frac{10.5}{100} * \frac{10^2}{400} = 0.026 \text{ (Ом)}$

Для четвертого трансформатора  $X_T = \frac{U_K\%}{100} \frac{U_H^2}{S_H} = \frac{10.5}{100} * \frac{10^2}{250} = 0.042 \text{ (Ом)}$

При вычислении сопротивления трансформаторов, мы не знаем где произойдет короткое замыкание и для этого надо их привести в одну вид сопротивление или напряжение используя следующее формулу

$$\dot{X} = X_T * \frac{U_1^2}{U_2^2}$$

Подставляя найденные значения мы определим приведенные значения

Для первого трансформатора  $\dot{X} = X_T * \frac{U_1^2}{U_2^2} = 0.0525 \frac{220^2}{500^2} = 0.01 \text{ (Ом)}$

Для второго трансформатора  $\dot{X} = X_T * \frac{U_1^2}{U_2^2} = 0.042 \frac{220^2}{10^2} = 20 \text{ (Ом)}$

Для третьего трансформатора  $\dot{X} = X_T * \frac{U_1^2}{U_2^2} = 0.026 \frac{220^2}{110^2} = 0.104 \text{ (Ом)}$

Для четвертого трансформатора  $\dot{X} = X_T * \frac{U_1^2}{U_2^2} = 0.042 \frac{110^2}{10^2} = 5 \text{ (Ом)}$

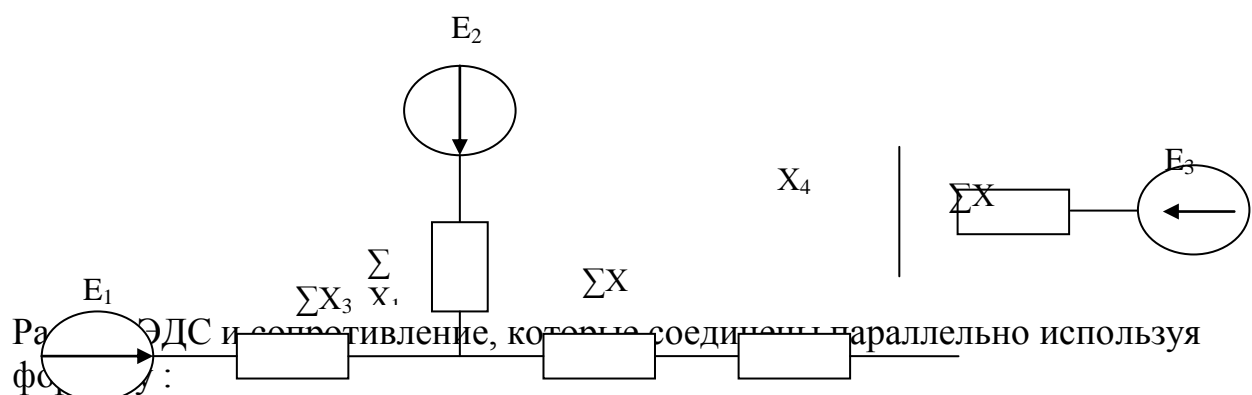
Суммировав всех сопротивления, определяем общую сопротивлению на (4 – рис):

$$\Sigma X_1 = X_{M1} + X_{T2} + X_{L12} = 20,328 + 0,1 + 8,34 = 28,768 \text{ (Ом)}$$

$$\Sigma X_2 = X_{T3} + X_{L23} = 12,52 + 0,104 = 12,624 \text{ (Ом)}$$

$$\Sigma X_3 = X_C + X_{T1} + X_{L13} = 9,39 + 333,3 + 0,01 = 342,7 \text{ (Ом)}$$

$$\Sigma X_4 = X_{T4} + X_{M2} = 0,1 + 5,082 = 5,182 \text{ (Ом)}$$



$$\Sigma X_5 = \frac{\Sigma X_1 * \Sigma X_3}{\Sigma X_1 + \Sigma X_3} = \frac{28,768 * 342,7}{28,768 + 342,7} = 26,54$$

5-рис

(Ом)



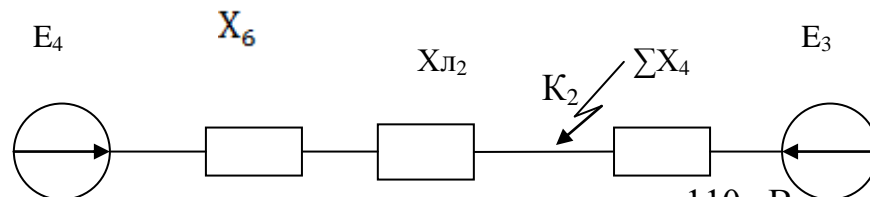
$$E_4 = \frac{E_1 \cdot \Sigma X_3 + E_2 \cdot \Sigma X_1}{\Sigma X_3 + \Sigma X_1} = \frac{28,768 * 220 + 342,7 * 220}{28,768 + 342,7} = 220 \text{ кВ}$$

Соединяя сопротивление последовательно рассчитаем их :

$$X_6 = \Sigma X_2 + \Sigma X_2 = 26,54 + 12,64 = 39,14 \quad (\text{Ом})$$

Преобразуя  $X_6$  в приведенное значение на линии 110 кВ рассчитаем по формуле :

$$X_6' = X_6 * \frac{U_1^2}{U_2^2} = 39,14 \frac{110^2}{220^2} = 9,785 \quad (\text{Ом})$$



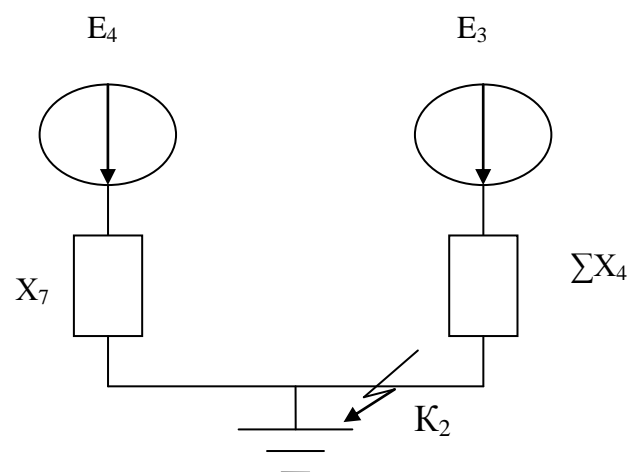
Суммируя преобразованное сопротивление на линию 110 кВ и линию получим следующую формулу:

$$X_7 = X_6' + X_{Л4} = 9,785 + 64 = 73,785 \quad (\text{Ом})$$

В конце система имеет следующий вид

$$E_5 = \frac{E_4 \cdot X_7 + E_3 \cdot \Sigma X_4}{X_7 + \Sigma X_4};$$

$$X_{рез} = \frac{X_7 * \Sigma X_4}{X_7 + \Sigma X_4};$$



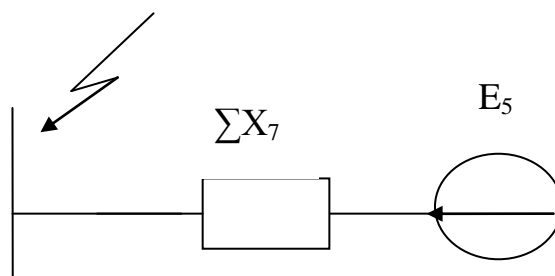
Рассчитаем ЭДС по формуле :

$$E_5 = \frac{E_4 \cdot X_7 + E_3 \cdot \Sigma X_4}{X_7 + \Sigma X_4} = \frac{110 * 73,785 + 110 * 5,182}{73,785 + 5,182} \quad 7 - \text{рис.}$$

Рассчитаем результирующую сопротивление по формуле :

$$X_{рез} = \frac{X_7 * \Sigma X_4}{X_7 + \Sigma X_4} = \frac{73,785 * 5,182}{73,785 + 5,182} = 4,84 \quad (\text{Ом})$$

После приведение к одной точки КЗ, рассчитывается ток КЗ :



Расчет тока КЗ.

$$I_{K3} = \frac{E_5}{X_{рез}} = \frac{110(\kappa B)}{4,84(Ом)} = 22,72(\kappa A)$$

Расчет ударного тока КЗ.

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K3} = \sqrt{2} * 1,25 * 22,72 = 40,15(\kappa A)$$

Где :  $i_{уд}$  - ударный ток КЗ;  $k_{уд}$  - коэффициент удара;  $I_{K3}$  - ток КЗ;

**Мощность КЗ.**

$$S_{K3} = \sqrt{3} \cdot I_{K3} \cdot E_{K3} = \sqrt{3} * 22,72 * 110 = 4328,74(MB * A)$$

**Расчет токов КЗ в относительных единицах**

Принимаемые напряжения расчёт следующие образом

Генератор: Г-1,2  $U_{ном} = 10 \text{ кВ}$ ;

Трансформатор: Т-1  $U_{ном} = 220/500\text{кВ}$ ;

Трансформатор: Т-2  $U_{но} = 10/220\text{кВ}$ ;

Трансформатор: Т-3  $U_{ном} = 110/220\text{кВ}$ ;

Трансформатор: Т-4  $U_{ном} = 10/110\text{кВ}$ ;

*Расчет сопротивление электросети.* Сначала определяется базисная величина. Поскольку выбор базисных условий произволен, то одна и та же действительная величина может иметь разные численные значения при выражении ее в относительных единицах. Для базисной мощности  $S_б$  целесообразно принимать простое круглое число (1000 Мва, 100 Мва и т.п.), а иногда часто повторяющуюся в заданной схеме номинальную мощность (или кратную ей). Базисной напряжения выбираются в качестве точки КЗ. Приведенной схемы не имеется ЭДС, толка показывается сопротивление и проводники. На основы приведенной схемы рассчитывается индуктивные сопротивление элементов электросети. Расчетные формулы приведены на таб-Приведение сопротивление прямой последовательности электрической сети на точку КЗ. Здесь сборка сопротивление и ЭДС исходную схему осуществляется на основы правилами «замещения электрической схемы».

*Приведение сопротивление обратной последовательности электрической сети на точку КЗ.* Схема замещения обратной последовательности одинока схемой замещения прямой последовательности, толка отличается сопротивлениями элементов. Здесь индуктивные сопротивление асинхронных и синхронных машин умножается на 20% и замещение повторяется таким же образом.

*Приведение сопротивление нулевой последовательности элементов электрической сети на точку КЗ.* Исходная схема нулевой последовательности охватывает в себе, толка элементов электрической схемы, соединенных на землю. Это схема получается путем, удаление элементов имеющих изоляционных нейтралов от первоначальной схемы.

*Расчет токов КЗ.* Токи КЗ определяется следующим выражением, на относительных единицах. (базисной величиной).

Сначала рассчитывается базисный ток:

$$J_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}}; \text{ кА};$$

. Вычисляется начальные значения периодической слагающей тока при трехфазном коротком замыкании следующей формулой:

$$I_k = I_{\delta} / X_{\text{сум}}$$

Мгновенное значения ударного тока:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot I_n'' \cdot k_{y\delta};$$

Где  $k_{y\delta}$  - коэффициент ударного тока, определяем из таб.

Мощность КЗ:

$$S_{\text{КЗ}} = \sqrt{3} \cdot I_n \cdot U_{\text{КЗ}};$$

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Все расчетные результаты анализируются в конце работы. Сравнивая значение токов КЗ, рассчитанных на именованных и относительных единицах, определяется погрешность. Исходные данные поясняются. Определяется значение этого расчета. Показывается устойчивость электромагнитных переходных процессов в энергосистеме, и роль курсового проекта в формировании студентов как будущих специалистов. А также каждый студент поступающий на работу встречается переходными процессами в энергосистемах, при вталкивания такими режимами каждый специалист должен решить такие задачи, конечно задачи не легкие чтобы их решить должно быть хорошая база у студентов и профессиональных работников работающих по энергетическими вопросами.

### **Литература**

- 1.Переходные процессы в электрических системах (под редакцией)В.А Веникова М. 1985**
- 2.С.А Ульянов. “Электромеханические переходные процессы в электрических системах” М. 1987 г**
- 3.В.А Веников“Электромеханические переходные процессы в электрических системах” М. 1987 г**
- 4. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях. Учебное пособие для вузов. // Под ред. В.А.Строева , М.: ЗНАК, 1996.-224 с.**
- 5. Аллаев Қ.Р. ЭлектроМеханик ўткинчи жараёнлар. Тошкент, ТашДТУ, 2007, 277 б.**
- 6. Аллаев К.Р. Электромеханические переходные процессы. Ташкент, ТашГТУ, 2007, 292 с.**
- 7. Гуревич Ю.Е. и др. Расчеты устойчивости и противоаварийная автоматика в энергосистемах. 1990.**
- 8. Сайт: [www.energystrategy.ru](http://www.energystrategy.ru)**
- 9.Сайт: [www.uzenergy.uzpak.ru](http://www.uzenergy.uzpak.ru)**