

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении дисциплины студенты должны выполнить расчетно-графическую работу (Электромеханические переходные процессы – I часть дисциплины) и курсовую работу (Электромагнитные переходные процессы – II часть дисциплины), основными целями которых являются закрепление теоретического материала по курсу и получение практических навыков решения задач в области определения расчетов токов коротких замыканий и устойчивости электроэнергетических.

Для выполнения пунктов заданий курсовой работы (КР) и расчетно-графической работы (РГР) студенты должны прослушать лекции по соответствующим разделам дисциплины или самостоятельно проработать теоретический материал. Исходные данные для выполнения работ, берутся из таблиц по вариантам. При необходимости исходные данные могут быть изменены или уточнены преподавателем, ведущим курсовую и расчетно-графическую работу.

После завершения расчетов студент должен оформить расчетно-графическую и курсовую работу в соответствии с приведенными правилами оформления и сдать на проверку преподавателю. После окончания проверки студент должен исправить ошибки и замечания, выявленные преподавателем. При отсутствии замечаний (или после исправлений их), студент допускается к защите работы. Защита проходит в виде устного собеседования по темам, рассмотренным в РГР или курсовой работе.

К экзамену или зачету по дисциплине допускаются студенты, выполнившие и защитившие РГР или курсовую работу.

# 1. ЗАДАНИЯ НА РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ

## 1.1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ РГР

В процессе изучения дисциплины студенты должны выполнить расчетно-графическую работу. Перед выполнением каждого пункта следует ознакомиться с исходными данными, проработать соответствующий теоретический материал, методические указания к решению задачи.

При оформлении РГР на титульном листе указываются название дисциплины, специальность, фамилия, инициалы и шифр студента.

Текст работ должен быть изложен аккуратно, четко, с обязательным приведением условия задачи, исходных данных, необходимых формул, рисунков, схем, единиц измерения физических величин.

Студенты допускаются к зачету по дисциплине только после рецензирования и защиты расчетно-графической работы.

Выбор варианта задания проводится по двум последним цифрам шифра студента.

Последовательность расчетов токов КЗ следующая:

- на основе расчетной схемы рис. 1 для заданной точки КЗ составляется схема замещения, в которой элементы цепи соединены электрически, причем все сопротивления схемы замещения выражаются в относительных единицах, приведенных к базисным значениям;

- производятся преобразования схемы замещения и определение результирующих сопротивлений относительно точки КЗ и источников энергии (все схемы замещения помещаются в пояснительной записке к расчету);

- рассчитывается начальное значение периодической составляющей тока КЗ (начальный сверхпереходный ток);

- рассчитывается ток КЗ для заданного момента времени.

Расчет токов КЗ в точках К2 и К3 производится с целью выбора соответственно генераторного выключателя и выключателей в ветвях реактора по токам КЗ.

## 1.2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РГР

### Задание 1

На основании схемы электрических соединений рис.1 и исходных данных, приведенных в табл. 1.1-1.7 и 1.9 требуется рассчитать:

- начальное значение периодической составляющей тока при трехфазном КЗ в точках К1...К4;
- ударный ток трехфазного КЗ в точке КХ (табл. 1.1).

### Задание 2.

На основании результатов расчетов **Задания 1** для заданной схемы электрических соединений (рис.1.1) требуется рассчитать в точке КХ:

- действующее значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ для времени  $t = 0,1$  с;
- значение аperiodической составляющей тока для времени  $t = 0,1$  с.

### Задание 3.

На основании результатов расчетов **Заданий 1 и 2** для схемы (рис. 1.1) требуется рассчитать для момента времени  $t = 0$ :

- ток однофазного КЗ в точке К1;
- ток двухфазного КЗ на землю в точке К1.

Результаты расчета свести в табл. 1.8.

## 1.3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ

Принципиальная схема системы электроснабжения представлена на рис. 1.1

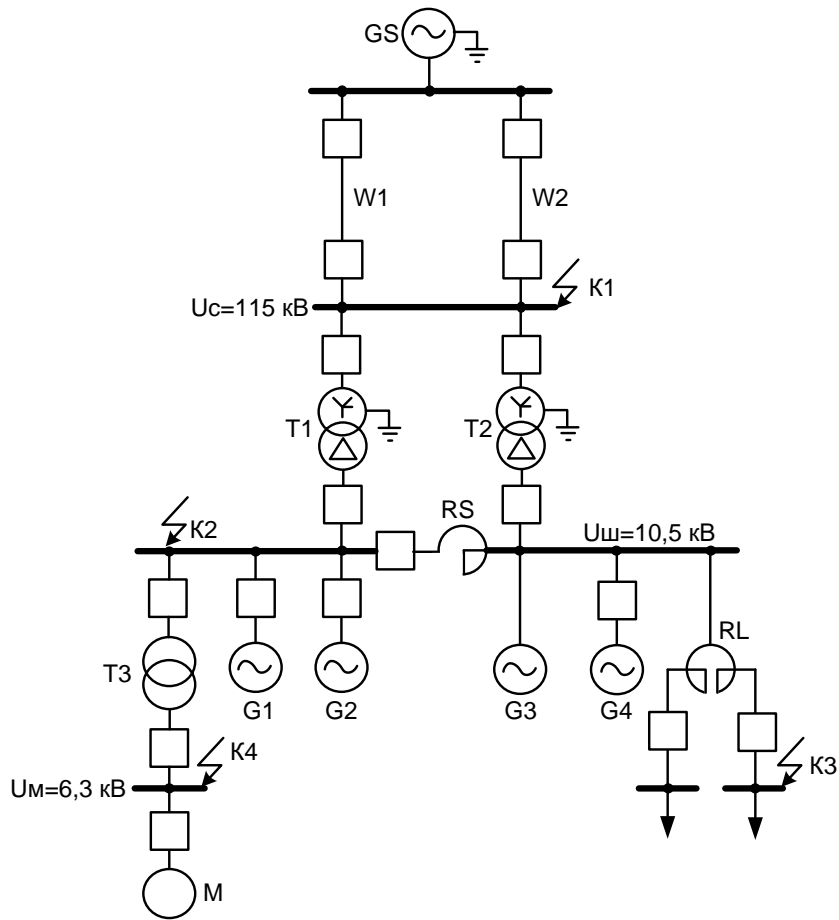


Рис.1 – Схема электрических соединений

Таблица 1.1

№ вар.	точка КХ	Генераторы G		Трансформаторы Т1 и Т2		Линии электропередачи	
		$P_{\text{ном}}$ , МВт	Тип	$S_{\text{ном}}$ , МВ·А	Тип	$U$ , кВ	$l$ , км
1	1	4x110	ТВФ-110-2ЕУ3	2x125	ТДЦ-125000/330	330	200
2	2	2x63	ТВФ-63-2У3	2x40	ТД-40000/110	110	80
3	3	4x100	ТВФ-100-2У3	2x125	ТДЦ-125000/150	150	200
4	4	2x110	ТВФ-110-2ЕУ3	2x80	ТД-80000/220	220	250
5	1	2x100	ТВФ-120-2У3	2x80	ТД-80000/220	220	150
6	2	2x63	ТВФ-63-2ЕУ3	2x40	ТД-40000/35	35	50
7	3	4x32	ТВС-32-У3	2x80	ТД-80000/110	110	120
8	4	4x25	ТВС-25-Т3	2x40	ТД-40000/110	110	100
9	1	2x32	ТВС-32-У3	2x25	ТД-25000/35	35	60
10	2	2x25	ТВС-25-Т3	2x16	ТД-16000/35	35	40
11	1	4x110	ТВФ-110-2ЕУ3	2x125	ТДЦ-125000/110	110	100
12	2	2x63	ТВФ-63-2У3	2x80	ТД-80000/220	220	90

Продолжение табл. 1.1

№ вар.	точка КХ	Генераторы G		Трансформаторы Т1 и Т2		Линии электропередачи	
		$P_{\text{ном}}$ , МВт	Тип	$S_{\text{ном}}$ , МВ·А	Тип	$U$ , кВ	$l$ , км
13	3	4x100	ТВФ-100-2У3	2x125	ТДЦ-125000/330	330	80
14	4	2x110	ТВФ-110-2ЕУ3	2x125	ТДЦ-125000/150	150	70
15	1	2x100	ТВФ-100-2У3	2x125	ТДЦ-125000/110	110	60
16	2	2x63	ТВФ-63-2ЕУ3	2x40	ТД-40000/110	110	50
17	3	4x32	ТВС-32-У3	2x40	ТД-40000/35	35	15
18	4	4x25	ТВС-25-Т3	2x40	ТД-40000/110	110	45
19	1	2x32	ТВС-32-У3	2x40	ТД-40000/110	110	35
20	2	2x25	ТВС-25-Т3	2x25	ТД-25000/35	35	10
21	1	2x100	ТВФ-100-2У3	2x80	ТД-80000/110	110	30
22	2	2x63	ТВФ-63-2ЕУ3	2x80	ТД-80000/110	110	55
23	3	4x32	ТВС-32-У3	2x25	ТД-25000/35	35	12
24	4	4x25	ТВС-25-Т3	2x16	ТД-16000/35	35	21
25	1	2x32	ТВС-32-У3	2x125	ТДЦ-125000/330	330	85

Таблица 1.2

№ вар	Реактор секционный $RS$ , $U_{ном}=10$ кВ		Реактор линейный $RL$ , $U_{ном}=10$ кВ		Трансформатор ТЗ		Электродвигатель М
	Мощность $S_{рс}$ , МВ·А	Сопр-е $X_p$ , %	Мощность $S_{рл}$ , МВ·А	Сопр-е $X_{0,5}$ , %	Мощность, МВ·А	Тип	Мощность, МВт
1	69,2	12	10,4	6	10	ТМГ-10000/10	5
2	34,6	12	6,9	4	6,3	ТМ-6300/10	1,6
3	69,2	12	10,4	6	10	ТМГ-10000/10	4
4	51,9	12	10,4	4	6,3	ТМ-6300/10	2,5
5	43,3	8	10,4	4	10	ТМГ-10000/10	2
6	34,6	10	6,9	3	6,3	ТМ-6300/10	1,25
7	26,0	8	6,9	3	6,3	ТМ-6300/10	2
8	17,3	10	6,9	3	4	ТМ-4000/10	1,25
9	26,0	8	6,9	3	6,3	ТМ-6300/10	1
0	17,3	10	6,9	3	4	ТМ-4000/10	0,8
11	51,9	12	10,4	4	10	ТМГ-6300/10	4
12	69,2	12	10,4	6	10	ТМГ-10000/10	5

Продолжение табл. 1.2

№ вар	Реактор секционный $RS$ , $U_{ном}=10$ кВ		Реактор линейный $RL$ , $U_{ном}=10$ кВ		Трансформатор ТЗ		Электродвигатель М
	Мощность $S_{рс}$ , МВ·А	Сопр-е $X_p$ , %	Мощность $S_{рл}$ , МВ·А	Сопр-е $X_{0,5}$ , %	Мощность, МВ·А	Тип	Мощность, МВт
13	34,6	12	6,9	4	6,3	ТМ-6300/10	1,6
14	69,2	12	10,4	6	10	ТМГ-6300/10	4
15	51,9	12	10,4	4	6,3	ТМ-6300/10	2,5
16	43,3	8	10,4	4	10	ТМГ-4000/10	2
17	34,6	10	6,9	3	6,3	ТМ-6300/10	1,25
18	26,0	8	6,9	3	6,3	ТМ-6300/10	2
19	17,3	10	6,9	3	4	ТМ-4000/10	1,25
20	26,0	8	6,9	3	6,3	ТМ-6300/10	1
21	17,3	10	6,9	3	4	ТМ-4000/10	0,8
22	51,9	12	10,4	4	10	ТМГ-10000/10	4
23	26,0	8	10,4	6	6,3	ТМ-6300/10	5
24	17,3	10	10,4	4	10	ТМГ-10000/10	1
25	26,0	8	10,4	4	6,3	ТМ-6300/10	2,5



Таблица 1.3

№ вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
S <sub>кз</sub> , МВ·А	1150	1600	2400	3000	4250	5000	8300	10000	9000	8000	9500	1500	1200	1700	1900	6000	8000	4500	2200	2400	2600	3800	7900	7000	2300

Таблица 1.4

## Технические данные турбогенераторов

P, МВт	Тип	cosφ <sub>н</sub>	U <sub>н</sub> , кВ	КПД, %	X <sub>d</sub> '', %	X <sub>d</sub> ', %	X <sub>d</sub> , %	X <sub>2</sub> , %	X <sub>0</sub> '', %	T <sub>д0</sub> , с
25	ТВС-25Т3	0,8	10,5	98	13	21,6	220	16	8,1	10,3
32	ТВС-32У3	0,8	10,5	98	15,3	26	265	18,7	7,4	10,4
63	ТВФ-63-2ЕУ3	0,8	10,5	98	13,6	20	151	16,6	6,7	6,15
63	ТВФ-63-2У3	0,8	10,5	98	20	30	191	24	10	6,2
100	ТВФ-100-2У3	0,8	10,5	98	19,2	27,8	191	23,4	9,7	6,5
110	ТВФ-110-2ЕУ3	0,8	10,5	98	18,9	27,1	204	23	10,6	6,7

Таблица 1.5

**Трансформаторы с высшим напряжением 35-330 кВ**

$S_{\text{ном}}$ , МВ·А	Тип	$U_{\text{вн}}$ , кВ	$U_{\text{нн}}$ , кВ	$U_{\text{к}}$ , %	$\Delta P_{\text{кз}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{хх}}$ , кВт	$I_{\text{хх}}$ , %
16	ТДН-16000/35	36,75	10,5	10	85	17	0,7
25	ТДН-25000/35	36,75	10,5	10,5	115	25	0,65
40	ТДН-25000/35	36,75	10,5	12,7	170	36	0,65
40	ТД-40000/110	121	10,5	10,5	175	52	0,7
80	ТДЦ-80000/110	121	10,5	11	310	85	0,6
80	ТД-80000/220	242	10,5	11	315	79	0,45
125	ТДЦ-125000/110	121	10,5	10,5	400	120	0,55
125	ТДЦ-125000/150	165	10,5	11	380	110	0,5
125	ТДЦ-125000/330	347	10,5	11	380	125	0,55

Таблица 1.6

**Трансформаторы с высшим напряжением 10 кВ**

$S_{\text{ном}}$ , МВ·А	Тип	$U_{\text{вн}}$ , кВ	$U_{\text{нн}}$ , кВ	$U_{\text{к}}$ , %	$\Delta P_{\text{кз}}$ , кВт	$\Delta P_{\text{хх}}$ , кВт	$I_{\text{хх}}$ , %
4	ТМ-4000/10	10	6,3	7,5	33,5	5,2	0,9
6,3	ТМ-6300/10	10	6,3	7,5	46,5	7,4	0,8
10	ТДНС-10000/10	10,5	6,3	8	80	12	0,7

Таблица 1.7

**Асинхронные электродвигатели серии 2АЗМ/6000**

Тип	$P_{\text{ном}}$ , кВт	$U_{\text{ном}}$ , кВ	$n_{\text{ном}}$ , об/мин	$\eta$ , %	$\cos\varphi_{\text{ном}}$	$I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}}$
2АЗМ-800	800	6	2970	95,8	0,9	5,2
2АЗМ-1000	1000	6	2870	95,8	0,89	5
2АЗМ-1250	1250	6	2975	96,3	0,89	5,5
2АЗМ-1600	1600	6	2975	96,5	0,9	5,5
2АЗМ-2000	2000	6	2975	96,5	0,91	4,8
2АЗМ-2500	2500	6	2975	96,9	0,92	5,3
2АЗМ-4000	4000	6	2985	96,9	0,92	6,3
2АЗМ-5000	5000	6	2985	97,4	0,92	6,5

*Примечание.* Электродвигатели серии 2АЗМ используются для привода питательных насосов.

Таблица 1.8

## Результаты расчетов (пример заполнения таблицы)

Точка КЗ	Источник энергии	$S_{ном}$ , МВ·А	Ток КЗ					
			Трехфазное КЗ				Однофазное КЗ (1)	Двухфазн КЗ (1.1)
			$I''$ , кА	$i_y$ , кА	$I_{пт}$ , кА	$i_{at}$ , кА	$I''$ , кА	$I''$ , кА
К1	Система	4000	3,3				3,63	3,6
	Генераторы G1, G2, G3, G4	4x79	5,2				5,7	5,4
	Суммарное значение	-	8,4				9,53	9,0
К2	Система	4000	21	57,4	21	16		
	Генераторы G3, G4	2x79	23	63	20,7	17,2		
	Генератор G2	79	25	68,4	18,7	18,7		
	Суммарное значение	-	69	188,8	51,9	51,9		
	Генератор G1	79	25	68,4	18,7	18,7		
К3	Система	4000	-	-				
	Генераторы G1, G2, G3, G4	4x79	-	-				
К4	Система	4000	-					
	Генераторы G1, G2, G3, G4	4x79	10,6					
	Электродвигатель		2,6					
	Суммарное значение		13,2					

Таблица 1.9

**Отношения  $X/R$  для элементов электроэнергетической системы**

№	Наименование элемента	Отношение $X/R$
1	Турбогенераторы мощностью до 100 МВт	15-85
	То же мощностью 100-500 МВт	100-140
2	Трансформаторы мощностью 5-30 МВ·А	7-17
	То же мощностью 60-600 МВ·А	20-50
3	Реакторы 6-10 кВ до 1000 А	15-70
	То же 1500 А и выше	40-80
4	Воздушные линии	2-8
5	Обобщенная нагрузка	2,5
6	Система	50

Дополнительные условия при выполнении заданий следующие:

- генераторы работают с номинальной нагрузкой при  $U_{ном} = 10,5\text{кВ}$ ;
- генераторы имеют тиристорную систему возбуждения;
- частота вращения генератора при КЗ не изменяется;
- ЭДС системы  $E_c'' = 1$ ;
- ЭДС электродвигателя  $E_d'' = 0,9$ ;
- удельное индуктивное сопротивление воздушной линии  $X_0 = 0,4 \text{ Ом/км}$ ;
- сопротивления обратной и нулевой последовательностей системы  $X_1 = X_2 = X_0$ ;
- сопротивление обратной последовательности воздушных линий  $X_0 = 5,5X_1$ ;
- расчет начального значения тока трехфазного КЗ в точках КЗ и К4 (рис. 1.1) выполнить приближенно, принимая ЭДС системы и генераторов равными единице;

- значения ударного коэффициента принять  $K_{уд} = 1,93$  за линейным реактором генераторного напряжения 10,5 кВ;  $K_{уд} = 1,8$  на шинах собственных нужд 6,3 кВ;  $K_{уд} = 1,75$  для ветви электродвигателя.

#### 1.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РГР

Последовательность расчетов токов КЗ следующая:

- на основе расчетной схемы рис.1 для заданной точки КЗ составляется схема замещения, в которой элементы цепи соединены электрически, причем все сопротивления схемы замещения выражаются в относительных единицах, приведенных к базисным значениям;

- производятся преобразования схемы замещения и определение результирующих сопротивлений относительно точки КЗ и источников энергии (все схемы замещения помещаются в пояснительной записке к расчету);

- рассчитывается начальное значение периодической составляющей тока КЗ (начальный сверхпереходный ток);

- рассчитывается ток КЗ для заданного момента времени.

Расчет токов КЗ в точках К2 и К3 производится с целью выбора соответственно генераторного выключателя и выключателей в ветвях реактора по токам КЗ.

#### Схемы замещения и их приведение к базисным условиям

Схема замещения составляется для определения токов КЗ в расчетной точке (рис. 1.1) и должна содержать источники ЭДС со своими сопротивлениями и сопротивления элементов электрической цепи, соединяющей источники ЭДС с местом возникновения КЗ (трансформаторы, автотрансформаторы, воздушные и кабельные линии, реакторы).

Для расчетов токов КЗ целесообразно использовать систему относительных единиц. С этой целью задаются базисные единицы:

- базисная мощность  $S_б$ ,
- базисное напряжение  $U_б$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_6}$$

и определяется базисный ток

Величину  $S_6$  целесообразно выбирать кратной 10, 100, 1000 МВ·А. Величину  $U_6$  принимают равной номинальному напряжению на первичной и вторичной обмотках трансформаторов (при точном приведении) или равной среднему значению напряжения на ступени, где производится расчет токов КЗ (при приближенном приведении).

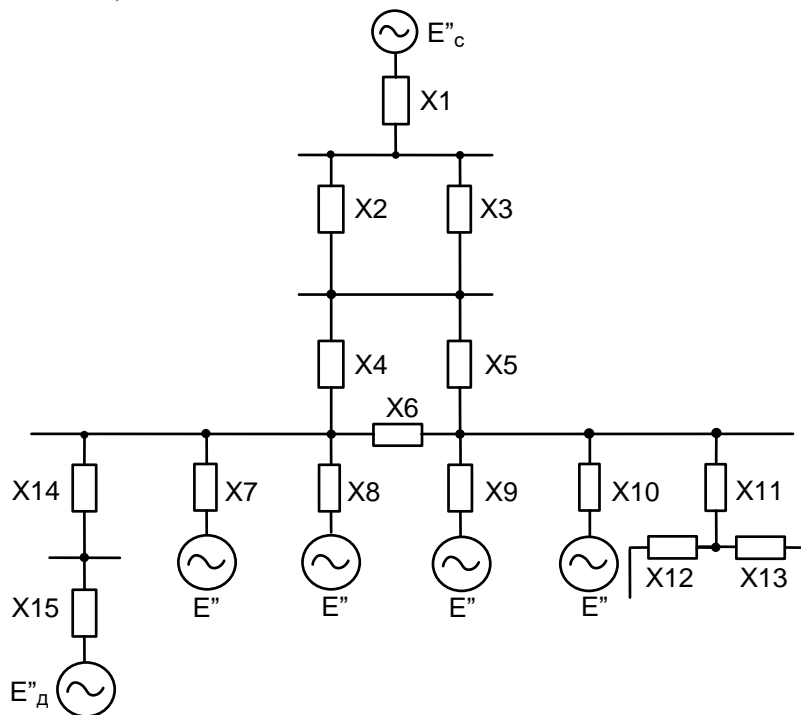


Рис. 1.2. Общая схема замещения

ЭДС генератора  $E''$  вводится в схему замещения за сверхпереходным индуктивным сопротивлением  $x_d''$ . Эта ЭДС в относительных единицах (о.е.) равна

$$E_*'' = \frac{E''}{U_{\delta}} \quad (1.1)$$

Значения  $E''$  при номинальной нагрузке генератора приведены в табл. 9.1 или [4, табл. 6.1]. Значения  $E_*''$  при заданной нагрузке и при  $U_{ном}$  могут быть определены по формуле

$$E_*'' = \sqrt{(1 + Q_{\Gamma} X_d'')^2 + (P_{\Gamma} X_d'')^2}, \quad (1.2)$$

где  $P_{\Gamma}$ ,  $Q_{\Gamma}$  – соответственно активная и реактивная мощности генератора в режиме перед КЗ, о.е.

ЭДС за сопротивлением системы считается постоянной и равной единице:

$$E_{c*} = 1. \quad (1.3)$$

Сопротивления всех элементов схемы замещения в относительных единицах при принятых базисных условиях определяют по нижеследующим формулам и наносят на схему замещения.

Сопротивление системы

$$X_{1*} = X_c \frac{S_{\delta}}{S_c}, \quad (1.4)$$

где  $X_c$  – эквивалентное сопротивление системы, отнесенное к заданной мощности системы  $S_c$ , МВ·А.

Если задана мощность КЗ системы, то

$$X_{1*} = \frac{S_{\delta}}{S_c''}, \quad (15)$$

где  $S_c$ ,  $S_c''$  – соответственно номинальная мощность и мощность КЗ системы, МВ·А.

Сопротивление воздушной линии

$$X_{2*} = X_{3*} = X_{уд} l \frac{S_{\delta}}{U_{л}^2}, \quad (1.6)$$



где  $X_{уд}$  – удельное сопротивление линии, Ом/км;

$l$  – протяженность линии, км;

$U_{л}$  – среднее напряжение линии или напряжение обмотки трансформатора, кВ.

Сопротивление трансформатора

$$X_{4*} = X_{5*} = \frac{U_{к}}{100} \frac{S_{б}}{S_{Т\text{ ном}}}, \quad (1.7)$$

где  $U_{к}$  – напряжение КЗ трансформатора, %;

$S_{Т\text{ ном}}$  – номинальная мощность трансформатора, МВ·А.

Сопротивление секционного реактора

$$X_{6*} = \frac{X_{р}}{100} \frac{U_{н\text{ ном}}}{I_{н\text{ ном}}} \frac{S_{б}}{U_{б}}, \quad (1.8)$$

или

$$X_{6*} = \frac{X_{р}}{100} \frac{S_{б}}{S_{н\text{ ном}}} \frac{U_{н\text{ ном}}}{U_{б}}, \quad (1.9)$$

где  $X_{р}$  – индуктивное сопротивление реактора, %;

$U_{н\text{ ном}}, I_{н\text{ ном}}$  – номинальные напряжения и ток реактора, кВ и кА;

$U_{б}, I_{б}$  – базисные напряжения и ток на ступени реактора, кВ и кА;

$S_{н\text{ ном}}$  – пропускная мощность реактора, МВ·А.

Сопротивление генератора

$$X_{7*} = X_{8*} = X_{9*} = X_{10*} = \frac{X_{д}''}{100} \frac{S_{б}}{S_{Г\text{ ном}}}, \quad (1.10)$$

где  $X_{д}''$  – сверхпереходное индуктивное сопротивление генератора, %

$S_{Г\text{ ном}}$  – номинальная полная мощность генератора, МВ·А.

Сопротивление эквивалентной схемы двойного реактора

$$X_{11*} = -0,5X_{0,5*}; \quad (1.11)$$

$$X_{12*} = X_{13*} = 1,5X_{0,5*}, \quad (1.12)$$

где  $X_{0,5*}$  – сопротивление одной ветви реактора, приведенное к базисным единицам (б. е.) по формуле (1.8) или (1.9).

Сопротивление трансформатора ТЗ

$$X_{14} = \frac{U_K}{S_6} \cdot 100 S_{T \text{ ном}} .$$

Сопротивление асинхронного двигателя для  $\cos \varphi_{\text{ном}}$

$$X_{15} = \frac{I_{\text{ном}}}{S_6} \cdot \frac{I_{\text{пуск}}}{S_{\text{ном}}} = \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}} \cdot \frac{100 P_{\text{ном}}}{S_6} .$$

Вычисленные сопротивления элементов схемы в относительных базисных единицах наносят на схему замещения. При этом каждый элемент схемы замещения обозначают дробью: в числителе помещается порядковый номер, а в знаменателе – вычисленное значение его сопротивления. Затем схему замещения (см. рис. 2) упрощают, «свертывая» к конкретной точке КЗ так, чтобы между этой точкой и эквивалентной ЭДС было одно результирующее сопротивление  $X_{\text{рез}}$  (рис. 1.3).

В процессе этих преобразований используют известные формулы для определения сопротивлений при последовательном и параллельном соединениях электрических сопротивлений, преобразовании «треугольника» в «звезду» и обратном преобразовании «звезды» в «треугольник» (рис. 1.4):

$$X_1 = \frac{X_{12} \cdot X_{13}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}} ; \quad X_2 = \frac{X_{12} X_{23}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}} ;$$

$$X_3 = \frac{X_{13} \cdot X_{23}}{X_{12} + X_{13} + X_{23}} ; \quad (1.13)$$

$$X_{12} = X_1 + X_2 + \frac{X_1 \cdot X_2}{X_3} ; \quad X_{13} = X_1 + X_3 + \frac{X_1 \cdot X_3}{X_2} ;$$

$$X_{23} = X_2 + X_3 + \frac{X_2 \cdot X_3}{X_1} . \quad (1.14)$$

Таблица 1.9

**Средние значения  $E''_0$  в относительных единицах при  
номинальных условиях**

Наименование элемента	$x''$	$E''_0$
Турбогенератор мощностью до 100 МВт	0,125	1,08
То же мощностью 100–500 МВт	0,20	1,13
Гидрогенератор с демпферными обмотками	0,20	1,13
То же без демпферных обмоток	0,27	1,18
Синхронный двигатель	0,2	1,10
Синхронный компенсатор	0,2	1,20
Асинхронный двигатель	0,2	0,90
Обобщенная нагрузка	0,35	0,85