

**МИНИСТЕРСТВО ТопЛИВА И ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Акционерное общество  
“Фирма по наладке, совершенствованию технологий  
и эксплуатации электростанций и сетей ОРГРЭС”**

---

УДК 621.316.13.064.1.001.24

**ИЗВЕЩЕНИЕ ОБ ИЗМЕНЕНИИ № 2  
“МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ  
ПО РАСЧЕТУ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ  
В СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ  
И ПОДСТАНЦИЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ”  
(М.: СПО ОРГРЭС, 1993)**

Приложения 2 и 3 изложить в следующей редакции:

*Приложение 2*

**ПРИМЕР РАСЧЕТА ТОКОВ КЗ В СЕТИ СН 0,4 кВ**

**1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СХЕМЫ,  
ПРИВЕДЕННОЙ НА рис. 8**

Система:  $S_{кз} = 100$  мВ·А,  $U_{ср.вн} = 6,0$  кВ.

Трансформатор Т: ТСЗС-1000/6,0. Схема соединения обмоток Y/Y<sup>0</sup>.

$U_{кз} = 8\%$ ;  $S_T = 1000$  кВ·А;  $U_{вн} = 6,3$  кВ;

$P_{кз} = 11,2$  кВт;  $X_{от} = 59$  мОм;  $R_{от} = 154$  мОм.

Шинопровод Ш1; ШМА-4-1600. Длина 15 м.

$R_{1ш1} = 0,03$  мОм/м;  $X_{1ш1} = 0,014$  мОм/м;

$R_{0ш1} = 0,037$  мОм/м;  $X_{0ш1} = 0,042$  мОм/м.

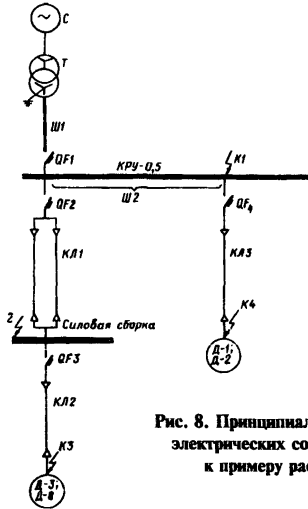


Рис. 8. Принципиальная схема электрических соединений к примеру расчета

Шинопровод Ш2; АДО-0,4. Длина 10 м.

$R_{1ш2} = 0,0255$  мОм/м;  $X_{1ш2} = 0,12$  мОм/м;

$R_{0ш2} = 0,211$  мОм/м;  $X_{0ш2} = 0,535$  мОм/м.

#### Кабельные линии

КЛ<sub>1</sub> АВВГ-2 (3x185 + 1x70), длина — 150 м;

$R_1 = 0,208$  мОм/м;  $X_1 = 0,063$  мОм/м;

$R_0 = 0,989$  мОм/м;  $X_0 = 0,244$  мОм/м.

КЛ<sub>2</sub> АВВГ—3x35 + 1x16, длина 20 м;

$R_1 = 1,1$  мОм/м;  $X_1 = 0,068$  мОм/м;

$R_0 = 2,63$  мОм/м;  $X_0 = 0,647$  мОм/м.

КЛ<sub>3</sub> АВВГ—3x185 + 1x70, длина 90 м;

$$R_1 = 0,208 \text{ мОм/м}; X_1 = 0,063 \text{ мОм/м};$$

$$R_0 = 0,989 \text{ мОм/м}; X_0 = 0,244 \text{ мОм/м}.$$

#### Автоматические выключатели

$$QF_1 - \text{“Электрон”}. I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}, R_{\text{кв}} = 0,25 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кв}} = 0,1 \text{ мОм}.$$

$$QF_2 - \text{А3794С}. I_{\text{ном}} = 400 \text{ А}, R_{\text{кв}} = 0,65 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кв}} = 0,17 \text{ мОм}.$$

$$QF_3 - \text{АЕ2056}. I_{\text{ном}} = 100 \text{ А}, R_{\text{кв}} = 2,15 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кв}} = 1,2 \text{ мОм}.$$

$$QF_4 - \text{“Электрон”}. I_{\text{ном}} = 400 \text{ А}, R_{\text{кв}} = 0,65 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{кв}} = 0,17 \text{ мОм}.$$

Асинхронные электродвигатели: Д-1; Д-2.

Тип АОЗ-315М-6У3;  $P_{\text{ном}} = 132 \text{ кВт}$ ;

$$\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{ном}}} = 7,0; U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}; I_{\text{ном}} = 238,6 \text{ А};$$

$$\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}} = M_{\text{н}} = 2,6; \cos\varphi = 0,9; n_{\text{с}} = 1000 \text{ об/мин};$$

$$\eta_{\text{ном}} = 93,5\%;$$

$$S_{\text{ном}} = 1,7\%; \frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}} = 1,6.$$

К силовой сборке подключены 6 асинхронных электродвигателей Д-3 — Д-8 мощностью 40 кВт с номинальным током 79,3 А и пусковым током 550 А, двигатели не подвержены перегрузкам.

Одновременно могут работать и участвовать в самозапуске все двигатели.

## 2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ, ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМЫ

Сопротивление системы ( $X_{\text{с}}$ ) рассчитывается по формуле (2.1)

$$X_c = \frac{(400)^2}{100} \cdot 10^{-3} = 1,6 \text{ мОм.}$$

Активное и индуктивное сопротивления прямой последовательности ( $R_T$  и  $X_T$ ) рассчитываются по формулам (2.2; 2.3):

$$R_T = \frac{11,2 \cdot 0,4^2}{1000^2} \cdot 10^6 = 1,79 \text{ мОм;}$$

$$X_T = \sqrt{8^2 - \left(\frac{100 \cdot 11,2}{1000}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{1000} \cdot 10^4 = 12,67 \text{ мОм.}$$

Активное и индуктивное сопротивления шинпровода:

$$R_{1m1} = 0,03 \cdot 15 = 0,45 \text{ мОм;}$$

$$X_{1m1} = 0,014 \cdot 15 = 0,21 \text{ мОм;}$$

$$R_{0m1} = 0,037 \cdot 15 = 0,555 \text{ мОм;}$$

$$X_{0m1} = 0,042 \cdot 15 = 0,63 \text{ мОм;}$$

$$R_{1m2} = 0,0255 \cdot 10 = 0,255 \text{ мОм;}$$

$$X_{1m2} = 0,12 \cdot 10 = 1,2 \text{ мОм;}$$

$$R_{0m2} = 0,211 \cdot 10 = 2,11 \text{ мОм;}$$

$$X_{0m2} = 0,535 \cdot 10 = 5,35 \text{ мОм.}$$

Активное и индуктивное сопротивления кабельных линий:

КЛ1

$$R_{1к1} = 0,208 \cdot \frac{150}{2} = 15,6 \text{ мОм;}$$

$$X_{1к1} = 0,063 \cdot \frac{150}{2} = 4,725 \text{ мОм;}$$

$$R_{0к1} = 0,989 \cdot \frac{150}{2} = 74,17 \text{ мОм;}$$

$$X_{0к1} = 0,244 \cdot \frac{150}{2} = 18,3 \text{ мОм.}$$

КЛ2

$$R_{1к2} = 1,1 \cdot 20 = 22 \text{ мОм;}$$

$$X_{1к2} = 0,068 \cdot 20 = 1,36 \text{ мОм;}$$

$$R_{0к2} = 2,63 \cdot 20 = 52,6 \text{ мОм;}$$

$$X_{0к2} = 0,647 \cdot 20 = 12,94 \text{ мОм.}$$

КЛЗ

$$R_{1кз} = 0,208 \cdot 90 = 18,72 \text{ мОм};$$

$$X_{1кз} = 0,063 \cdot 90 = 5,67 \text{ мОм};$$

$$R_{0кз} = 0,989 \cdot 90 = 89,01 \text{ мОм};$$

$$X_{0кз} = 0,244 \cdot 90 = 21,96 \text{ мОм}.$$

### Расчет параметров Д-1, Д-2

Принимая  $P_m = 0,02 P_{ном}$ , определим активное сопротивление ротора, приведенное к статору по (2.13)

$$R_2 = \frac{0,36 \cdot 1,6 (132 + 0,02 \cdot 132)}{7^2 \cdot 238,6^2 (1 - 0,017)} \cdot 10^6 = 28,28 \text{ мОм}.$$

Определим активное сопротивление статора по (2.14)

$$R_1 = \frac{1,7}{100} \cdot \frac{0,38^2 \cdot 0,9 \cdot 0,935}{132} \cdot 10^6 = 15,65 \text{ мОм}.$$

Определим суммарное активное сопротивление электродвигателя в момент КЗ по (2.12)

$$R_{ад} = 15,65 + 0,96 \cdot 28,28 = 42,8 \text{ мОм}.$$

Определим значение сверхпереходного индуктивного сопротивления электродвигателя (2.11)

$$X_{ад}'' = \sqrt{\left(\frac{220 \cdot 10^3}{7 \cdot 238,6}\right)^2 - 42,8^2} = 124,6 \text{ мОм}.$$

Определим значение постоянной времени затухания периодической составляющей тока статора

$$T_p = \frac{124,6 + 5,67}{314 \cdot 28,28} = 0,0147 \text{ с}.$$

Определим значение постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока статора

$$T_a = \frac{124,6 + 5,67}{314 (15,65 + 18,72)} = 0,0121 \text{ с}.$$

Определим значение сверхпереходной ЭДС электродвигателя по (2.16)

$$E_{\phi,ад}'' = \sqrt{(220 \cdot 0,9 - 238,6 \cdot 0,043)^2 + (220 \cdot 0,436 - 238,6 \cdot 0,1246)^2} = 199,07 = 199 \text{ В}.$$

### 3. РАСЧЕТ ТОКОВ ТРЕХФАЗНОГО КЗ

Определим ток трехфазного металлического КЗ в точке К1

$$R_{1\Sigma} = 1,79 + 0,45 + 0,25 + 0,255 = 2,745 \text{ мОм};$$

$$X_{1\Sigma} = 1,6 + 12,67 + 0,21 + 0,1 + 1,2 = 15,78 \text{ мОм};$$

$$I_{\text{по.м}}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{15,78^2 + 2,745^2}} = 14,41 \text{ кА}.$$

Определим значение

$$Z_{\text{кз}}^{(3)} = \sqrt{15,78^2 + 2,745^2} = 16,01 \text{ мОм}.$$

Значение тока КЗ

$$I_{\text{по.м}}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 16,01} = 14,41 \text{ кА}.$$

Определим значение  $K_c$  для начального момента дугового КЗ ( $t_{\text{кз}} < 0,05$  с) по  $K_c = f(Z_{\text{кз}})$  при  $Z_{\text{кз}}^{(3)} = 16,01$  мОм  $K_c = 0,67$ .

Определим значение  $K_c$  для установившегося тока дугового КЗ ( $t_{\text{кз}} > 0,05$  с) при  $Z_{\text{кз}}^{(3)} = 16,01$  мОм  $K_c = 0,58$ .

Определим наиболее вероятное значение тока трехфазного дугового замыкания по (4.1).

Для начального момента дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(3)} = 14,41 \cdot 0,67 = 9,65 \text{ кА}.$$

Для установившегося тока дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(3)} = 14,41 \cdot 0,58 = 8,35 \text{ кА}.$$

Определим значение  $K_{\text{уд}}$  по  $K_{\text{уд}} = f(X/R)$  (см. рис. 6) для

$$\frac{X_{1\Sigma}}{R_{1\Sigma}} = \frac{15,78}{2,745} = 5,74, \quad K_{\text{уд}} = 1,6.$$

Определим значение ударного тока в точке К1

$$i_{\text{уд}} = 1,6 \cdot \sqrt{2} \cdot 14,41 = 32,6 \text{ кА}.$$

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКА КЗ В ТОЧКЕ К1 ОТ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

$$\begin{aligned}
 R'_{1\Sigma} &= R_{1\Sigma} + R_{1кз}/2 + R_{ад}/2 = \\
 &= 2,745 + 18,72/2 + 42,8/2 = 33,505 \text{ МОм.} \\
 X'_{1\Sigma} &= X_{1\Sigma} + X_{1кз}/2 + X''_{ад}/2 = \\
 &= 15,78 + 5,67/2 + 124,6/2 = 80,915 \text{ МОм.} \\
 I_{по ад} &= \frac{199}{\sqrt{33,505^2 + 80,915^2}} = 2,27 \text{ кА.}
 \end{aligned}$$

Определим значение ударного тока в точке К1 от асинхронных электродвигателей

$$i_{уд ад} = \sqrt{2} \cdot 2,27 \left( e^{-\frac{0,01}{0,0147}} + e^{-\frac{0,01}{0,0121}} \right) = 3,02 \text{ кА.}$$

Определим действующее значение периодической составляющей тока КЗ в точке К1 с учетом подпитки от асинхронных электродвигателей

$$I_{по.м\Sigma}^{(3)} = I_{по.м}^{(3)} + I_{по ад} = 14,41 + 2,27 = 16,68 \text{ кА.}$$

Определим значение ударного тока КЗ в точке К1 с учетом подпитки от асинхронных электродвигателей

$$i_{уд\Sigma} = 32,6 + 3,02 = 35,62 \text{ кА.}$$

#### 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКА ДВУХФАЗНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КЗ В ТОЧКЕ К1

Полное сопротивление цепи двухфазного КЗ

$$Z_{кз}^{(2)} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{15,78^2 + 2,745^2} = 18,48 \text{ МОм.}$$

Значение тока КЗ

$$I_{по.м}^{(2)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 18,48} = 12,49 \text{ кА.}$$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} < 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(2)} = 18,48$  МОм  
 $K_c = 0,08.$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} > 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(2)} = 18,48$  мОм  
 $K_c = 0,6$ .

Определим наиболее вероятное значение тока двухфазного дугового КЗ в точке К1

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(2)} = 12,49 \cdot 0,68 = 8,49 \text{ кА};$$

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(2)} = 12,49 \cdot 0,6 = 7,49 \text{ кА}.$$

### 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКА ОДНОФАЗНОГО КЗ В ТОЧКЕ К1

$$R_{0\Sigma} = 154 + 0,555 + 0,25 + 2,11 = 156,91 \text{ мОм};$$

$$X_{0\Sigma} = 59 + 0,63 + 0,1 + 5,35 = 65,08 \text{ мОм}.$$

Полное сопротивление цепи однофазного КЗ

$$Z_{кз}^{(1)} = \frac{1}{3} \sqrt{(2 \cdot 2,745 + 156 \cdot 91)^2 + (2 \cdot 15,78 + 65,08)^2} = 62,99 \text{ мОм}.$$

Значение тока КЗ

$$I_{\text{по.м}}^{(1)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 62,99} = 3,66 \text{ кА}.$$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} < 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(1)} = 62,99$  мОм  
 $K_c = 0,84$ .

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} > 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(1)} = 62,99$  мОм  
 $K_c = 0,74$ .

Определим наиболее вероятное значение тока однофазного дугового КЗ в точке К1

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(1)} = 3,66 \cdot 0,84 = 3,07 \text{ кА};$$

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(1)} = 3,66 \cdot 0,74 = 2,73 \text{ кА}.$$



**7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ  
ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ  
ТОКА ТРЕХФАЗНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КЗ В ТОЧКЕ К2**

$$R_{1\Sigma} = 1,79 + 0,45 + 0,25 + 0,65 + 15,6 = 18,74 \text{ мОм};$$

$$X_{1\Sigma} = 1,6 + 12,67 + 0,21 + 0,1 + \\ + 0,17 + 4,725 = 19,475 \text{ мОм}.$$

Полное сопротивление цепи трехфазного КЗ

$$Z_{кз}^{(3)} = \sqrt{18,74^2 + 19,475^2} = 27 \text{ мОм}.$$

Значение тока КЗ

$$I_{\text{по.м}}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 27} = 8,56 \text{ кА}.$$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} < 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(3)} = 27$  мОм  
 $K_c = 0,74$ .

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} > 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(3)} = 27$  мОм  
 $K_c = 0,67$ .

Определим наиболее вероятное значение тока трехфазного дугового замыкания.

Для начального момента дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(3)} = 8,56 \cdot 0,74 = 6,33 \text{ кА}.$$

Для установившегося тока дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(3)} = 8,56 \cdot 0,67 = 5,74 \text{ кА}.$$

**8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ  
ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ  
ТОКА ДВУХФАЗНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КЗ В ТОЧКЕ К2**

Полное сопротивление цепи двухфазного КЗ

$$Z_{кз}^{(2)} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 27 = 31,18 \text{ мОм}.$$

Значение тока КЗ

$$I_{\text{по.м}}^{(2)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 31,18} = 7,41 \text{ кА}.$$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} < 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(2)} = 31,18$  мОм  
 $K_c = 0,75$ .

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} > 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(2)} = 31,18$  мОм  
 $K_c = 0,67$ .

Определим наиболее вероятное значение тока дугового двухфазного замыкания в точке К2.

Для начального момента дугового замыкания

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(2)} = 7,41 \cdot 0,75 = 5,56 \text{ кА.}$$

Для установившегося тока дугового замыкания

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(2)} = 7,41 \cdot 0,67 = 4,96 \text{ кА.}$$

### 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКА ОДНОФАЗНОГО КЗ В ТОЧКЕ К2

$$R_{0\Sigma} = 154 + 0,555 + 0,25 + 0,65 + 74,17 = 229,625 \text{ мОм;}$$

$$X_{0\Sigma} = 59 + 0,63 + 0,1 + 0,17 + 18,3 = 78,2 \text{ мОм.}$$

Полное сопротивление цепи однофазного КЗ

$$Z_{кз}^{(1)} = \frac{1}{3} \sqrt{(2 \cdot 18,74 + 229,625)^2 + (2 \cdot 19,475 + 78,2)^2} = 97,22 \text{ мОм.}$$

Значение тока КЗ

$$I_{\text{по.м}}^{(1)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 97,22} = 2,38 \text{ кА.}$$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} < 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(1)} = 97,22$  мОм  
 $K_c = 0,87$ .

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} > 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(1)} = 97,22$  мОм  
 $K_c = 0,78$ .

Определим наиболее вероятное значение тока дугового однофазного замыкания в точке К2.

Для начального момента дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(1)} = 2,38 \cdot 0,87 = 2,07 \text{ кА.}$$

Для установившегося тока дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(1)} = 2,38 \cdot 0,78 = 1,86 \text{ кА.}$$

**10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ  
ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ  
ТОКА ТРЕХФАЗНОГО КЗ В ТОЧКЕ КЗ**

$$R_{1\Sigma} = 1,79 + 0,45 + 0,25 + 0,65 + 15,6 + 2,15 + 22 = 42,89 \text{ мОм};$$

$$X_{1\Sigma} = 1,6 + 12,67 + 0,21 + 0,1 + 0,17 + \\ + 4,725 + 1,2 + 1,36 = 22,035 \text{ мОм}.$$

Полное сопротивление цепи трехфазного КЗ

$$Z_{кз}^{(3)} = \sqrt{42,89^2 + 22,035^2} = 48,22 \text{ мОм}.$$

Значение тока КЗ

$$I_{\text{по.м}}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 48,22} = 4,79 \text{ кА}.$$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} < 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(3)} = 48,22$  мОм  
 $K_c = 0,8$ .

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} > 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(3)} = 48,22$  мОм  
 $K_c = 0,72$ .

Определим наиболее вероятное значение тока трехфазного дугового замыкания в точке КЗ.

Для начального момента дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(3)} = 4,79 \cdot 0,8 = 3,83 \text{ кА}.$$

Для установившегося тока дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(3)} = 4,79 \cdot 0,72 = 3,45 \text{ кА}.$$

**11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ  
ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ  
ТОКА ДВУХФАЗНОГО КЗ В ТОЧКЕ КЗ**

Полное сопротивление цепи двухфазного КЗ

$$Z_{кз}^{(2)} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 48,22 = 55,68 \text{ мОм}.$$

Значение тока КЗ

$$I_{\text{по.м}}^{(2)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 55,68} = 4,15 \text{ кА}.$$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} < 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(2)} = 55,68$  мОм  
 $K_c = 0,81$ .

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} > 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(2)} = 55,68$  мОм  
 $K_c = 0,73$ .

Определим наиболее вероятное значение тока двухфазного КЗ в точке КЗ.

Для начального момента дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(2)} = 4,15 \cdot 0,81 = 3,36 \text{ кА.}$$

Для установившегося тока дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(2)} = 4,15 \cdot 0,73 = 3,03 \text{ кА.}$$

## 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКА ОДНОФАЗНОГО КЗ В ТОЧКЕ КЗ

$$R_{0\Sigma} = 154 + 0,555 + 0,25 + 0,65 + 74,17 + 2,15 + 52,6 = 284,375 \text{ мОм;}$$

$$X_{0\Sigma} = 59 + 0,63 + 0,1 + 0,17 + 18,3 + 1,2 + 12,94 = 92,34 \text{ мОм.}$$

Полное сопротивление цепи КЗ

$$Z_{кз}^{(1)} = \frac{1}{3} \sqrt{(2 \cdot 42,89 + 284,375)^2 + (2 \cdot 22,035 + 92,34)^2} = 131,5 \text{ мОм.}$$

Значение тока КЗ

$$I_{\text{по.м}}^{(1)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 131,5} = 1,76 \text{ кА.}$$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} < 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(1)} = 131,5$  мОм  
 $K_c = 0,92$ .

Определим значение  $K_c$  для  $t_{кз} > 0,05$  с при  $Z_{кз}^{(1)} = 131,5$  мОм  
 $K_c = 0,81$ .

Определим наиболее вероятное значение тока дугового однофазного КЗ в точке КЗ.

Для начального момента дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(1)} = 1,76 \cdot 0,92 = 1,61 \text{ кА.}$$

Для установившегося тока дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(1)} = 1,76 \cdot 0,81 = 1,42 \text{ кА.}$$

### 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКА ТРЕХФАЗНОГО КЗ В ТОЧКЕ К4

$$R_{1\Sigma} = 1,79 + 0,45 + 0,25 + 0,255 + 0,65 + 18,72 = 22,1 \text{ МОм;}$$

$$X_{1\Sigma} = 1,6 + 12,67 + 0,21 + 0,1 + 1,2 + 0,17 + 5,67 = 21,62 \text{ МОм.}$$

Полное сопротивление цепи трехфазного КЗ

$$Z_{\text{кз}}^{(3)} = \sqrt{21,62^2 + 22,1^2} = 30,91 \text{ МОм.}$$

Значение тока КЗ

$$I_{\text{по.м}}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 30,91} = 7,47 \text{ кА.}$$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{\text{кз}} < 0,05$  с при  $Z_{\text{кз}}^{(3)} = 30,91$  МОм  
 $K_c = 0,75$ .

Определим значение  $K_c$  для  $t_{\text{кз}} > 0,05$  с при  $Z_{\text{кз}}^{(3)} = 30,91$  МОм  
 $K_c = 0,67$ .

Определим наиболее вероятное значение тока трехфазного дугового КЗ в точке К4.

Для начального момента дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(3)} = 7,47 \cdot 0,75 = 5,6 \text{ кА.}$$

Для установившегося тока дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(3)} = 7,47 \cdot 0,67 = 5 \text{ кА.}$$

### 14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКА ДВУХФАЗНОГО КЗ В ТОЧКЕ К4

Полное сопротивление цепи двухфазного КЗ

$$Z_{\text{кз}}^{(2)} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot 30,91 = 35,6 \text{ МОм.}$$

Значение тока КЗ

$$I_{\text{по.м}}^{(2)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 35,6} = 6,48 \text{ кА.}$$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{\text{кз}} < 0,05$  с при  $Z_{\text{кз}}^{(1)} = 35,6$  мОм  
 $K_c = 0,77$ .

Определим значение  $K_c$  для  $t_{\text{кз}} > 0,05$  с при  $Z_{\text{кз}}^{(1)} = 35,6$  мОм  
 $K_c = 0,69$ .

Определим наиболее вероятное значение тока двухфазного дугового КЗ в точке К4.

Для начального момента дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(1)} = 6,48 \cdot 0,77 = 4,98 \text{ кА.}$$

Для установившегося тока дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(1)} = 6,48 \cdot 0,69 = 4,47 \text{ кА.}$$

### 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТОКА ОДНОФАЗНОГО КЗ В ТОЧКЕ К4

$$\begin{aligned} R_{0\Sigma} &= 154 + 0,555 + 0,25 + 2,11 + \\ &+ 0,65 + 89,01 = 246,57 \text{ мОм;} \\ X_{0\Sigma} &= 59 + 0,63 + 0,1 + 5,35 + \\ &+ 0,17 + 21,96 = 87,21 \text{ мОм.} \end{aligned}$$

Полное сопротивление цепи однофазного КЗ

$$Z_{\text{кз}}^{(1)} = \frac{1}{3} \sqrt{(2 \cdot 22,1 + 246,57)^2 + (2 \cdot 21,62 + 87,21)^2} = 106 \text{ мОм.}$$

Значение тока КЗ

$$I_{\text{по.м}}^{(1)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 106} = 2,17 \text{ кА.}$$

Определим значение  $K_c$  для  $t_{\text{кз}} < 0,05$  с при  $Z_{\text{кз}}^{(1)} = 106$  мОм  
 $K_c = 0,88$ .

Определим значение  $K_c$  для  $t_{\text{кз}} > 0,05$  с при  $Z_{\text{кз}}^{(1)} = 106$  мОм  
 $K_c = 0,79$ .

Определим наиболее вероятное значение тока дугового однофазного КЗ в точке К4.

Для начального момента дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.нач}}^{(1)} = 2,17 \cdot 0,88 = 1,91 \text{ кА.}$$

Для установившегося тока дугового КЗ

$$I_{\text{дуг.уст}}^{(1)} = 2,17 \cdot 0,79 = 1,71 \text{ кА.}$$

Результаты расчетов приведены в табл. 18.

Таблица 18

**Результаты расчетов токов КЗ**

| Точка<br>КЗ | $I_{\text{по.м}}^{(3)}$<br>кА | $I_{\text{дуг.нач}}^{(3)}$<br>кА | $I_{\text{дуг.уст}}^{(3)}$<br>кА | $I_{\text{по.ад}}$<br>кА | $i_{\text{уд}}$<br>кА | $i_{\text{уд.ад}}$<br>кА | $I_{\text{по.м}\Sigma}^{(3)}$<br>кА |
|-------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| К1          | 14,41                         | 9,65                             | 8,35                             | 2,27                     | 32,6                  | 3,02                     | 16,68                               |
| К2          | 8,56                          | 6,33                             | 5,74                             | —                        | —                     | —                        | —                                   |
| К3          | 4,79                          | 3,83                             | 3,45                             | —                        | —                     | —                        | —                                   |
| К4          | 7,47                          | 5,6                              | 5                                | —                        | —                     | —                        | —                                   |

| Точка<br>КЗ | $i_{\text{уд}\Sigma}$<br>кА | $I_{\text{по.м}}^{(2)}$<br>кА | $I_{\text{дуг.нач}}^{(2)}$<br>кА | $I_{\text{дуг.уст}}^{(2)}$<br>кА | $I_{\text{по.м}}^{(1)}$<br>кА | $I_{\text{дуг.нач}}^{(1)}$<br>кА | $I_{\text{дуг.уст}}^{(1)}$<br>кА |
|-------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| К1          | 35,62                       | 12,49                         | 8,49                             | 7,42                             | 3,66                          | 3,07                             | 2,73                             |
| К2          | —                           | 7,41                          | 5,56                             | 4,96                             | 2,38                          | 2,07                             | 1,86                             |
| К3          | —                           | 4,15                          | 3,36                             | 3,03                             | 1,76                          | 1,61                             | 1,42                             |
| К4          | —                           | 6,48                          | 4,98                             | 4,47                             | 2,17                          | 1,91                             | 1,71                             |

**ТЕКСТ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ  
ТОКОВ КЗ В СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА  
НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ НА ЭВМ "ЭЛЕКТРОНИКА МК-85"**

```

10 INPUT "X(1)=" ,X(1)
20 INPUT "R(1)=" ,R(1)
30 INPUT "X(0)=" ,X(0)
40 INPUT "R(0)=" ,R(0)
50 INPUT "U=" ,U
60 A=U*1000
70 B=SQR(3*(X(1)↑2+R(1)↑2))
80 C=2*SQR(X(1)↑2+R(1)↑2)
90 D=(SQR((2*R(1)+R(0)↑2+(2*X(1)+X(0)↑2)))/3↑(1/2)
100 E=0,6-0,0025*D+0,114*SQRB-0,13*B↑(1/3)
110 F=0,55-0,002*B+0,1*SQRB-0,12*B↑(1/3)
120 G=0,6-0,0025*C+0,114*SQRC-0,13*C↑(1/3)
130 H=0,55-0,002*C+0,1*SQRC-0,12*C↑(1/3)
140 I=0,6-0,0025*D+0,114*SQRD-0,13*D↑(1/3)
150 J=0,55-0,002*D+0,1*SQRD-0,12*D↑(1/3)
160 PRINT "I3M=" ;A/B
170 PRINT "I3DN=" ;A/B*E
180 PRINT "I3DU=" ;A/B*F
190 PRINT "I2M=" ;A/C
200 PRINT "I2DN=" ;A/C*G
210 PRINT "I2DU=" ;A/C*H
220 PRINT "I1M=" ;A/D
230 PRINT "I1DN=" ;A/D*I
240 PRINT "I1DU=" ;A/D*J
250 INPUT "CHANGE Y=" ,K
260 IF K=0 THEN 10
270 END

```