

## Расчёт токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до самого мощного электроприёмника цеха (механического пресса)

Расчёт токов КЗ в сети до 1000 В имеет следующие особенности:

- принимаем мощность системы  $S_c = \infty$ , что правомерно  $S_c \geq 50S_{н.пр.}$ . При этом напряжение на шинах подстанции считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;
- при расчёте учитываются все активные и реактивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети: силовой трансформатор, сопротивление токовой катушки автоматического выключателя и переходное сопротивление контактов, сопротивление первичной обмотки трансформаторов тока, сопротивление проводов и кабелей;
- расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение берётся на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем  $U = 400В$ , действующая величина тока короткого замыкания  $I_k = U / \sqrt{3}Z_\Sigma$ .

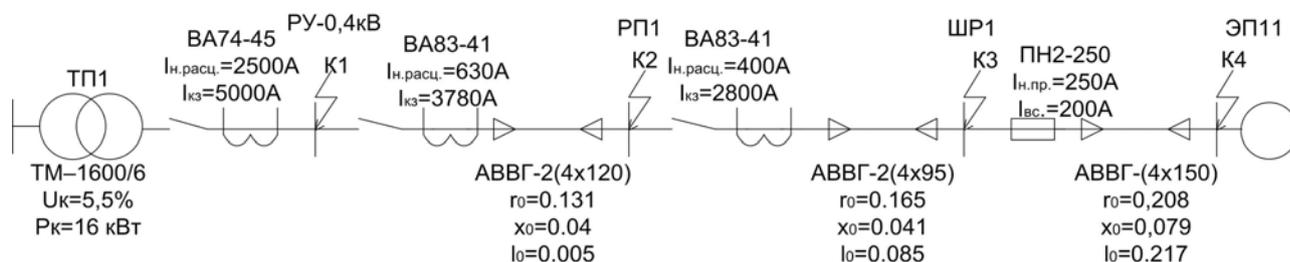


Схема расчета токов короткого замыкания для сети ниже 1000В



### Расчёт токов КЗ для точки К1:

Сопротивление вводного выключателя не учитываем.

$$R_m = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U^2}{S_{н.мп.}^2} = \frac{16 \cdot 400^2}{1600^2} = 1 \text{ мОм} - \text{ активное сопротивление трансформатора.}$$

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{н.мп.}} = \frac{16 \cdot 100\%}{1600} = 1\% - \text{ активная составляющая напряжения КЗ;}$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1^2} = 5,41\% - \text{ реактивная составляющая напряжения КЗ;}$$

$$X_m = \frac{U_p\%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{н.мп.}} = \frac{5,41}{100} \cdot \frac{400^2}{1600} = 5,41 \text{ мОм} - \quad \text{реактивное} \quad \text{сопротивление}$$

трансформатора;

$$Z_{\Sigma к1} = \sqrt{R_m^2 + X_m^2} = \sqrt{1^2 + 5,41^2} = 5,5 \text{ мОм}$$

$$I_{к1} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma к1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 5,5} = 41,9 \text{ кА};$$

1. Согласно [Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 248с., рис. 6,1, стр.123] принимаем  $K_{y01} = 1,55$ ;

$$i_{y1} = I_{к1} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y01} = 41,9 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,55 = 91,8 \text{ кА}$$

### Расчёт токов КЗ для точки К2:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С.М. Кирова, 1988. – 96 с., стр.63] следующие величины:

$R_x = 0,12 \text{ мОм}$  – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_c = 0,094 \text{ мОм}$  – реактивное сопротивление токовой катушки автоматич. выключателя;

$R_{пер} = 0,25 \text{ мОм}$  – переходное сопротивление контактов.

Для трансформатора тока, согласно [Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С.М. Кирова, 1988. – 96 с., стр.63] при коэффициенте трансформации  $K_T=600/5$  принимаем следующие величины:

$R_{mm} = 0,05 \text{ мОм}$  – активное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока;

$X_{mm} = 0,07 \text{ мОм}$  – реактивное сопротивление первичной обмотки трансформатора тока.

Для кабеля  $АВВГ - 2(4 \times 120)$  рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_{каб} = r_o \cdot l = 0,131 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,7 \text{ мОм}$$

$$X_{каб} = x_o \cdot l = 0,04 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,2 \text{ мОм}$$

$R_{конт} = 0,012 \text{ мОм}$  - активное переходное сопротивление неподвижных контактов.

$$Z_{\Sigma K2} = \sqrt{(R_m + R_K + R_{пер} + R_{mm} + R_{каб} + R_{конт})^2 + (X_m + X_K + X_{mm} + X_{каб})^2} = \\ = \sqrt{(1 + 0,12 + 0,25 + 0,05 + 0,7 + 0,012)^2 + (5,41 + 0,094 + 0,07 + 0,2)^2} = 6,2 \text{ мОм}$$

$$I_{K2} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma K2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 6,2} = 37,2 \text{ кА}$$

Согласно [6, рис. 6,1, стр.123] принимаем  $K_{y\phi 2} = 1,3$ ;

$$i_{y2} = I_{K2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y\phi 2} = 37,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,3 = 68,4 \text{ кА}$$

### Расчёт токов КЗ для точки КЗ:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие

к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С.М. Кирова, 1988. – 96 с., стр.63] следующие величины:

$R_k = 0,15 \text{ мОм}$  – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_k = 0,1 \text{ мОм}$  – реактивное сопротивление токовой катушки автоматич. выключателя;

$R_{пер} = 0,4 \text{ мОм}$  – переходное сопротивление контактов.

Для кабеля  $АВВГ-2(4 \times 95)$  рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_{каб} = r_o \cdot l = 0,165 \cdot 0,085 \cdot 10^3 = 14,025 \text{ мОм}$$

$$X_{каб} = x_o \cdot l = 0,041 \cdot 0,085 \cdot 10^3 = 3,485 \text{ мОм}$$

$R_{конт} = 0,014 \text{ мОм}$  - активное переходное сопротивление неподвижных контактов.

$$Z_{\Sigma K3} = \sqrt{(R_{\Sigma 2} + R_k + R_{пер} + R_{конт} + R_{каб})^2 + (X_{\Sigma 2} + X_k + X_{каб})^2} = \\ = \sqrt{(2,132 + 0,15 + 0,4 + 0,014 + 14,025)^2 + (5,774 + 0,1 + 3,485)^2} = 19,2 \text{ мОм}$$

$$I_{K3} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 19,2} = 12,03 \text{ кА}$$

Согласно [Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 248с., рис. 6,1, стр.123] принимаем  $K_{y03} = 1,02$  ;

$$i_{y3} = I_{K3} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{y03} = 12,03 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,02 = 17,35 \text{ кА (кА)}.$$

#### **Расчёт токов КЗ для точки К4:**

Для провода  $АВВГ-(4 \times 150)$  рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_{каб} = r_o \cdot l = 0,208 \cdot 0,217 \cdot 10^3 = 45,14 \text{ мОм}$$

$$X_{каб} = x_o \cdot l = 0,079 \cdot 0,217 \cdot 10^3 = 17,14 \text{ мОм}$$

$R_{\text{конт}} = 0,024 \text{ мОм}$  - активное переходное сопротивление неподвижных контактов.

$$Z_{\Sigma\kappa 4} = \sqrt{(R_{\Sigma 3} + R_{\text{конт}} + R_{\text{каб}})^2 + (X_{\Sigma 3} + X_{\text{каб}})^2} = \\ = \sqrt{(16,721 + 0,024 + 45,14)^2 + (9,359 + 17,14)^2} = 67,24 \text{ мОм}$$

$$I_{\kappa 4} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{\Sigma\kappa 4}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 67,24} = 3,43 \text{ кА}$$

Согласно [Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 248с., рис. 6,1, стр.123] принимаем  $K_{\text{yo4}} = 1$ ;

$$i_{\text{y4}} = I_{\kappa 4} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{\text{yo4}} = 3,43 \cdot \sqrt{2} \cdot 1 = 4,85 \text{ кА}$$

### **Построение карты селективности действия аппаратов защиты для участка цеховой сети 0,4 кВ от вводного автомата на подстанции до самого мощного электроприёмника**

Карта селективности действия аппаратов защиты строится в логарифмической системе координат и служит для проверки правильности выбора аппаратов защиты. На карту селективности наносятся:

- номинальный и пусковой токи электроприёмника;
- расчётный и пиковый ток силового распределительного шкафа;
- расчётный и пиковый ток подстанции;
- защитные характеристики защитных аппаратов (автоматических выключателей и предохранителя);
- значения токов КЗ в сети 0,4 кВ.

Все данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты систематизируем в виде таблицы, представленной ниже.

Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты Таблица

	Электро приёмник	Силовой распределительный шкаф ШР №1	Распред. пункт(ВРУ)	Подстанция ТП-1	Значение тока КЗ в соотв. точках, кА			
	Сталевоз				1	2	3	4
Расчётный ток, А	-	364,3	499,1	2430,9	41,9	37,2	19,2	3,43
Пиковый ток, А	-	736,3	905	3319,3				
Номинальный ток, А	91,8	-	-	-				
Пусковой ток, А	458,7	-	-	-				

Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты Таблица

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А	Номинальный ток плавкой вставки, А
ВА53-43	2500	5000	-
ВА74-40	630	3780	-
ВА52-39	400	2800	-
ПН2-100	-	-	200

Защитные характеристики автоматических выключателей, которые необходимо использовать для построения карты селективности действия аппаратов защиты, приведены в справочной литературе [А.И. Гаврилин, С.Г. Обухов, А.И. Озга. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра. – Томск: ТПУ, 2001 – 93 с., стр.88]; плавких предохранителей в справочной литературе [Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С.М. Кирова, 1988. – 96 с., стр.88].

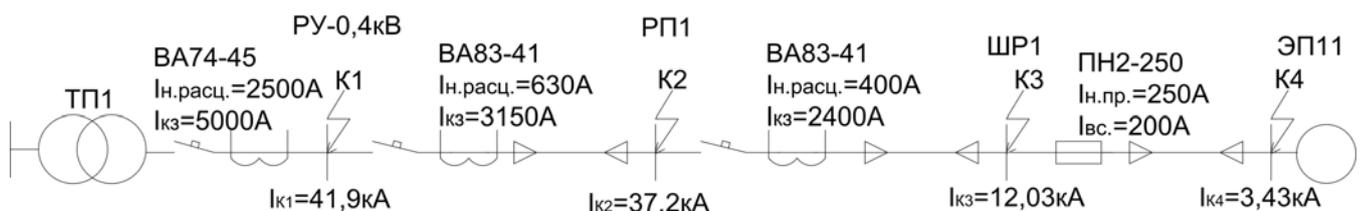


Рисунок Схема для построения карты селективности.

### Обозначения на карте селективности:

1 – номинальный ток двигателя,  $I_{ном}=91,7$  А;

2 – пусковой ток двигателя,  $I_{пуск}=458,5$  А;

3 – защитная характеристика плавкой вставки 200 А предохранителя ПН2–250;

4 – расчётный ток силового распределительного шкафа,  $I_{расч}=364,3$  А;

5 – пиковый ток силового распределительного шкафа,  $I_{пик}=736,3$  А;

6 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА83–41;

$$I_{i.дано} = 400 \text{ А}, I_{éc} = 6 \cdot I_{i.дано} = 6 \cdot 400 = 2400 \text{ А}$$

7 – расчетный ток РП,  $I_{расч}=499,1$  А;

8 – пиковый ток РП,  $I_{пик}=905$  А;

9 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА83–41;

$$I_{н.расч} = 630 \text{ А}, I_{кз} = 5 \cdot I_{н.расч} = 5 \cdot 630 = 3150 \text{ А}$$

10 – расчетный ток подстанции ТП-1,  $I_{расч}=2430,9$  А;

11 – пиковый ток ТП-1,  $I_{пик}=3319,9$  А;

12 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА74–45;

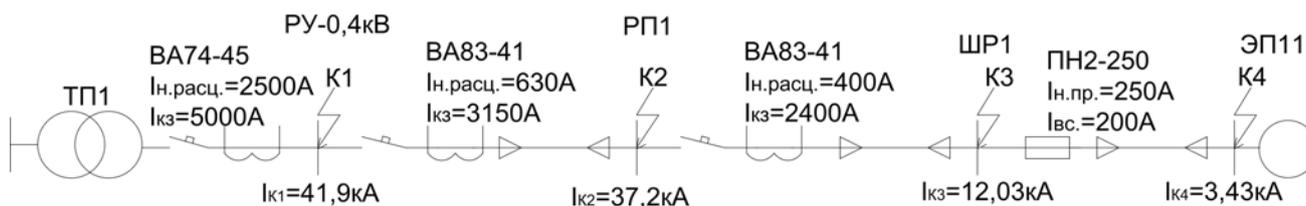
$$I_{н.расч} = 2500 \text{ А}, I_{кз} = 2 \cdot I_{н.расч} = 2 \cdot 2500 = 5000 \text{ А}$$

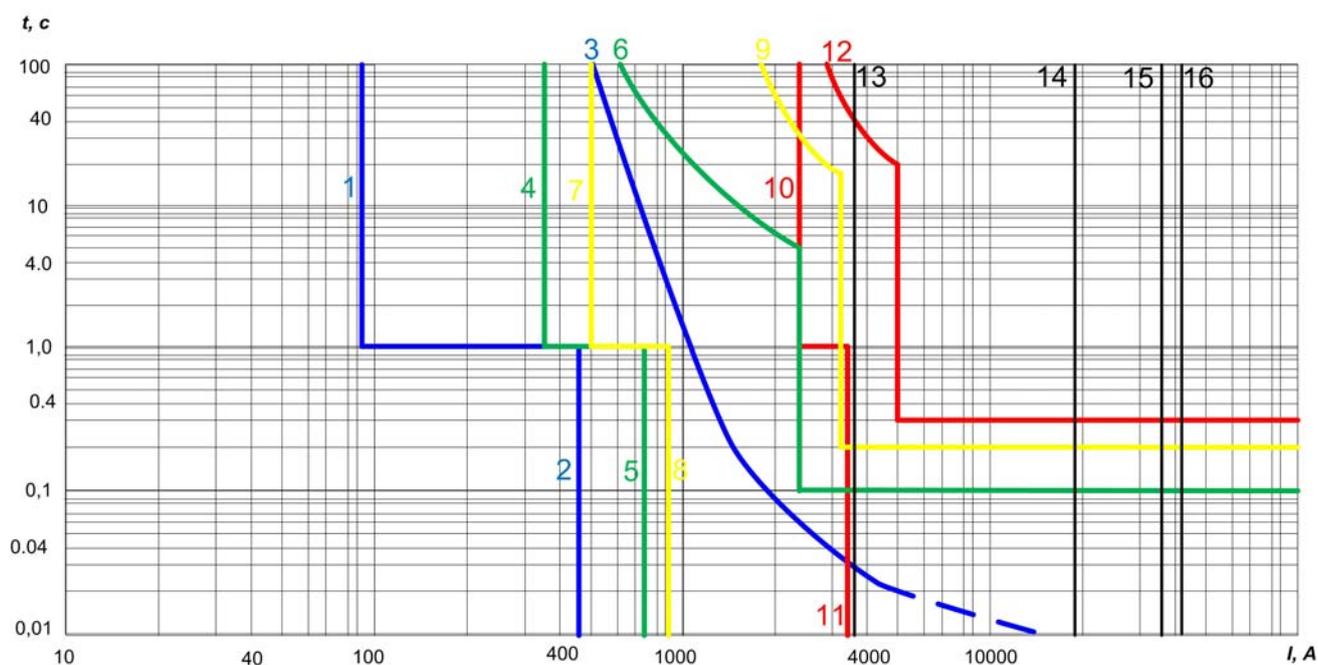
13 – значение тока короткого замыкания в точке К<sub>4</sub>,  $I_{к4}=3,43$  кА;

14 – значение тока короткого замыкания в точке К<sub>3</sub>,  $I_{к3}=12,03$  кА;

15 – значение тока короткого замыкания в точке К<sub>2</sub>,  $I_{к2}=37,2$  кА;

16 – значение тока короткого замыкания в точке К<sub>1</sub>,  $I_{к1}=41,9$  кА.





**1** – номинальный ток двигателя,  $I_{\text{ном}}=91,7$  А; **2** – пусковой ток двигателя,  $I_{\text{пуск}}=458,5$  А; **3** – предохранителя ПН2–250; **4** – расчётный ток силового распределительного шкафа,  $I_{\text{расч}}=364,3$  А; **5** – пиковый ток силового распределительного шкафа,  $I_{\text{пик}}=736,3$  А; **6** – защитная характеристика автоматического выключателя ВА83–41; **7** – расчётный ток РП,  $I_{\text{расч}}=499,1$  А; **8** – пиковый ток РП,  $I_{\text{пик}}=905$  А; **9** – защитная характеристика автоматического выключателя ВА83–41; **10** – расчётный ток подстанции ТП-1,  $I_{\text{расч}}=2430,9$  А; **11** – пиковый ток ТП-1,  $I_{\text{пик}}=3319,9$  А; **12** – защитная характеристика автоматического выключателя ВА74–45; **13** – ток короткого замыкания в точке  $K_4$ ,  $I_{K4}=3,43$  кА; **14** – ток короткого замыкания в точке  $K_3$ ,  $I_{K3}=12,03$  кА; **15** – ток короткого замыкания в точке  $K_2$ ,  $I_{K2}=37,2$  кА; **16** – ток короткого замыкания в точке  $K_1$ ,  $I_{K1}=41,9$  кА.