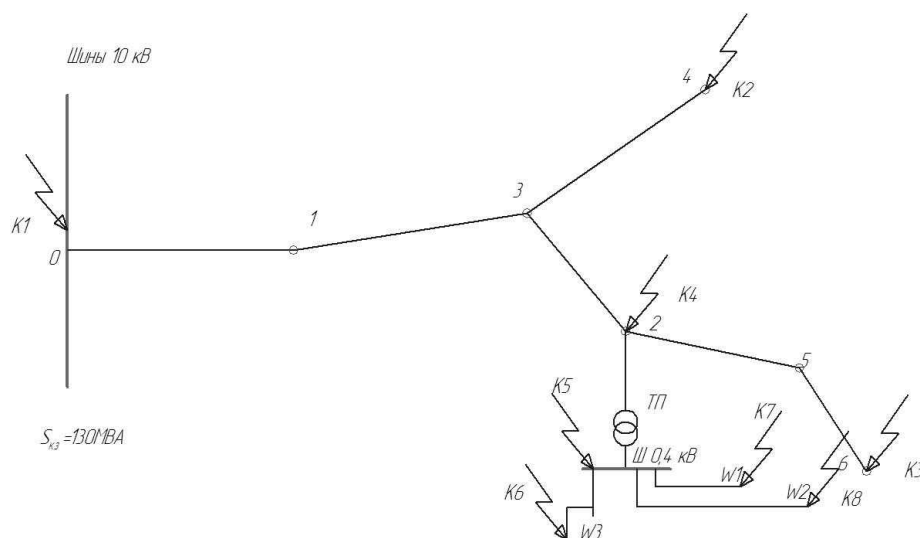


Значения токов при коротких замыканиях (КЗ) необходимы для проверки выбранного оборудования, расчета и проверки чувствительности защит.

Рис 7.1 Исходная схема электропередачи



Исходными данными для расчета токов КЗ к схеме рисунка 7.1 являются: 1)длины участков ВЛ 10 кВ (берутся с заданного варианта плана местности); 2)марки и сечения проводов линии 10 кВ (определяются при расчете ВЛ 10 кВ); 3)место подключения ТП1 на линии 10 кВ (определяется номером расчетного населенного пункта); 4)длины участков ВЛ 0,38 кВ, отходящих от ТП1 (определяются по плану расчетного населенного пункта); 5)марки и сечения проводов линий 0,38 кВ (определяются при расчете ВЛ 0,38 кВ); 6)мощность трансформатора ТП1 (определяется при расчете линий 0,38 кВ); 7)мощность системы в режиме КЗ (определяется вариантом задания).

7.2. На расчетную схему наносим точки КЗ: 1)в начале линии 10 кВ (на шинах 10 кВ РТП 35/10 кВ – точка K_1); 2)в конце линии 10 кВ (точки K_3 , K_4); 3)на шинах 10 кВ расчетной подстанции ТП1 (точка K_2); 4)на шинах 0,4 кВ расчетной подстанции ТП1 (точка K_5); 5)в конце линий 0,38 кВ – W1, W2 и W3 (точки K_6 , K_7 , K_8).

7.3. Составляем схему замещения для исходной расчетной схемы электропередачи (рисунок 7.2), на которой показываем индуктивные и активные сопротивления элементов схемы замещения: системы, проводов ВЛ 10 и 0,38 кВ,

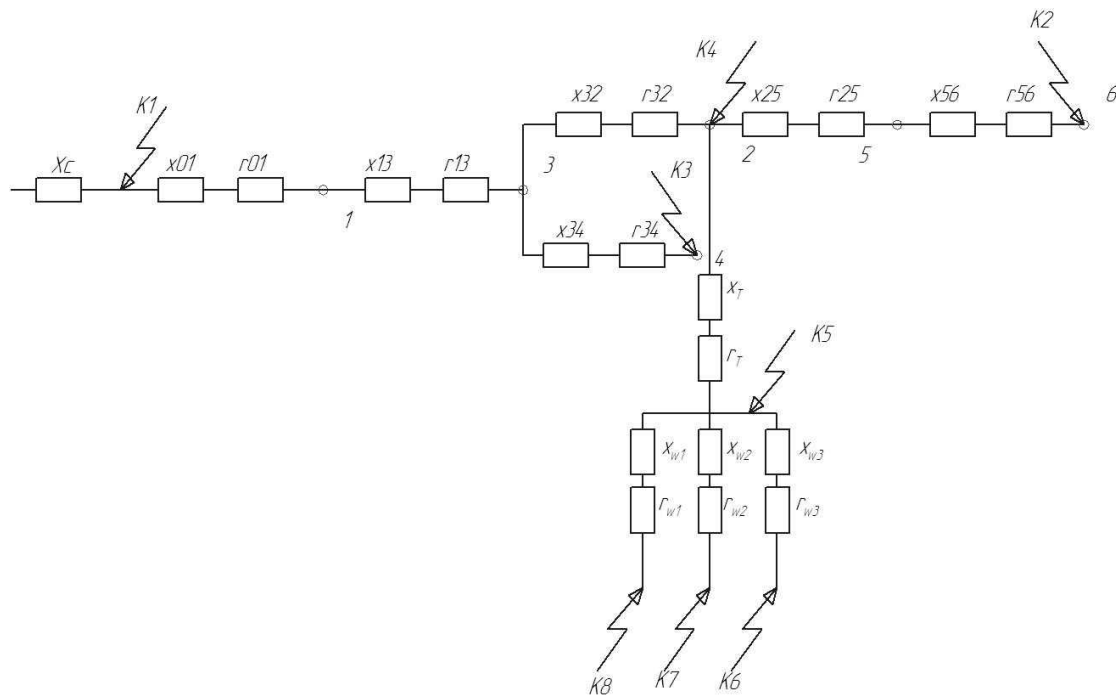


Рис 7.2 Схема замещения

Выбираем систему единиц для расчета токов КЗ. В сельских сетях для приведения сопротивлений элементов схемы замещения к базисным условиям чаще всего применяется система именованных единиц, в которой все сопротивления приводятся к базисному напряжению « U_0 ».

Принимаем $U_0 = 10.5$ кВ

Определяем сопротивления схемы замещения, приведенные к базисному напряжению.

Сопротивление системы:
$$X_c = \frac{U_B^2}{S_{K3}^{(3)}}$$

$$X_c = \frac{(10.5 \cdot 1000)^2}{S_{K3}} = \frac{(10.5 \cdot 1000)^2}{130000000} = 0.848 \quad \text{Ом}$$

Сопротивления участков линии 10 кВ

Номер участка	Активное сопротивление проводов на данном участке, Ом/км	Длина данного участка, км	Общее активное сопротивление, Ом	Индуктивное сопротивление проводов на данном участке, Ом/км	Общее индуктивное сопротивление, Ом
5_6	0,773	4,2	3,2466	0,41	1,722
2_5	0,773	6	4,638	0,41	2,46
3_2	0,773	5,2	4,0196	0,41	2,132
3_4	0,773	7,4	5,7202	0,41	3,034
1_3	0,42	8,3	3,486	0,385	3,1955
0_1	0,42	7,5	3,15	0,385	2,8875

Сопротивление трансформатора

$$r_T = \frac{P_{K3}}{S_{НОМ} \cdot 1000} \cdot \frac{(U_6 \cdot 1000)^2}{S_{НОМ} \cdot 1000} = \frac{1280}{63 \cdot 1000} \cdot \frac{(10.5 \cdot 1000)^2}{63 \cdot 1000} = 35.6 = 35.6 \cdot \text{Ом}$$

$$z_T = \frac{U_{k\%}}{100} \cdot \frac{(U_6 \cdot 1000)^2}{S_{НОМ} \cdot 1000} = \frac{4.5}{100} \cdot \frac{(10.5 \cdot 1000)^2}{63 \cdot 1000} = 78.7 = 78.7 \cdot \text{Ом}$$

$$x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = \sqrt{78.7^2 - 35.6^2} = 70.2 = 70.2 \cdot \text{Ом}$$

Сопротивления участков ВЛ 0.38 кВ:

$$R_{W1} = r_{W1} \cdot \frac{L_{W1}}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 1.14 \cdot \frac{93}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 73.1 = 73.1 \cdot \text{Ом}$$

$$R_{W2} = r_{W2} \cdot \frac{L_{W2}}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 0.576 \cdot \frac{86.8}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 34.5 \quad \text{Ом}$$

$$R_{W3} = r_{W3} \cdot \frac{L_{W3}}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 1.14 \cdot \frac{187.4}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 147.0 \quad \text{Ом}$$

$$X_{W1} = x_{W1} \cdot \frac{L_{W1}}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 0.319 \cdot \frac{93}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 20.4 \quad \text{Ом}$$

$$X_{W2} = x_{W2} \cdot \frac{L_{W2}}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 0.297 \cdot \frac{86.8}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 17.8 \quad \text{Ом}$$

$$X_{W3} = x_{W3} \cdot \frac{L_{W3}}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 0.319 \cdot \frac{187.4}{1000} \cdot \left(\frac{10.5}{0.4}\right)^2 = 41.2 \quad \text{Ом}$$

Результирующие сопротивления до точек короткого замыкания

До точки К1:

$$Z_1 = X_c = 0.848 \cdot \text{Ом}$$

До точки К2:

$$Z_2 = \sqrt{(3.25 + 4.64 + 4.02 + 3.49 + 3.15)^2 + (0.848 + 1.72 + 2.46 + 2.13 + 3.2 + 2.89)^2}$$

$$Z_2 = 22.795 \cdot \text{Ом}$$

До точки К3:

$$Z_3 = \sqrt{(5.72 + 3.49 + 3.15)^2 + (3.03 + 3.2 + 2.89 + 0.848)^2} = 15.879 \cdot \text{Ом}$$

До точки К4:

$$Z_4 = \sqrt{(3.15 + 3.49 + 4.02)^2 + (2.89 + 3.2 + 0.848 + 2.13)^2}$$

$$Z_4 = 13.995 \cdot \text{Ом}$$

$$Z_5 = \sqrt{(3.15 + 3.49 + 4.02 + r_T)^2 + (2.89 + 3.2 + 0.848 + 2.13 + x_T)^2} = 91.779 \cdot \text{Ом}$$

До точек К6, К7, К8 результирующие сопротивления рассчитываются аналогично

$$Z_6 = \sqrt{(10.7 + 35.6 + 147.0)^2 + (8.22 + 0.848 + 70.2 + 41.2)^2} = 227.766 \cdot \text{Ом}$$

$$Z_7 = \sqrt{(10.7 + 35.6 + 73.1)^2 + (8.22 + 0.848 + 70.2 + 20.4)^2} = 155.532 \cdot \text{Ом}$$

$$Z_8 = \sqrt{(10.7 + 35.6 + 34.5)^2 + (8.22 + 0.848 + 70.2 + 17.8)^2} = 126.297 \cdot \text{Ом}$$

7.2 Рассчитываем токи трехфазного КЗ. Для точек 1, 2, 3, 4 и 5 выполняется условие $U_{\text{ср. н.о.м}} = U_6$, поэтому ток КЗ определяется по формуле:

$$I_{k1_3\phi} = \frac{U_6 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot Z_1} = \frac{10.5 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 0.848} = 7148.0 = 7.148 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k2_3\phi} = \frac{U_6 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot Z_2} = \frac{10.5 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 22.8} = 266.0 = 0.266 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k3_3\phi} = \frac{U_6 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot Z_3} = \frac{10.5 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 15.9} = 381.0 = 0.381 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k4_3\phi} = \frac{U_6 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot Z_4} = \frac{10.5 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 14.0} = 433.0 = 0.433 \cdot \text{кА}$$

Для точек 5, 6, 7, 8:

$$I_{k5_3\phi} = \frac{U_6 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot Z_5} \cdot \frac{10.5}{0.4} = \frac{10.5 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 91.8} \cdot \frac{10.5}{0.4} = 1733.0 = 1.733 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k6_3\phi} = \frac{U_6 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot Z_6} \cdot \frac{10.5}{0.4} = \frac{10.5 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 228.0} \cdot \frac{10.5}{0.4} = 698.0 = 0.698 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k7_3\phi} = \frac{U_6 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot Z_7} \cdot \frac{10.5}{0.4} = \frac{10.5 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 156.0} \cdot \frac{10.5}{0.4} = 1020.0 = 1.02 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k8_3\phi} = \frac{U_6 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot Z_8} \cdot \frac{10.5}{0.4} = \frac{10.5 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 126.0} \cdot \frac{10.5}{0.4} = 1262.0 = 1.262 \cdot \text{кА}$$

7.9 Определим токи двухфазного КЗ для точек 1,2,3,4,5,6,7,8

$$I_{k1_2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k1_3\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 7148 = 6190.0 = 6.19 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k2_2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k2_3\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 266 = 230.0 = 0.23 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k3_2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k3_3\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 381 = 330.0 = 0.33 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k4_2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k4_3\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 433 = 375.0 = 0.375 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k5_2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k5_3\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1733 = 1500.0 = 1.5 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k6_2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k6_3\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 698 = 604.0 = 0.604 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k7_2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k7_3\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1020 = 883.0 = 0.883 \cdot \text{кА}$$

$$I_{k8_2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k8_3\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1262 = 1092.0 = 1.092 \cdot \text{кА}$$

7.10 Ударный ток для каждой из точек КЗ определяется по формуле:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_K^{(3)}, \quad (7.15)$$

где k_y – ударный коэффициент, для i – той точки КЗ рекомендуется определять по формуле:

$$k_{yi} = 1 + e^{\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{\frac{-3,14 r_i}{x_i}}$$

$$k_{y1} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot R_{\Sigma 1}}{X_{\Sigma 1}}} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot 0}{0.848}} = 2.0$$

$$k_{y2} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot R_{\Sigma 2}}{X_{\Sigma 2}}} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot (3.25+4.64+4.02+3.49+3.15)}{0.848+1.72+2.46+2.13+3.2+2.89}} = 1.01$$

$$k_{y3} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot R_{\Sigma 3}}{X_{\Sigma 3}}} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot (5.72+3.49+3.15)}{3.03+3.2+2.89+0.848}} = 1.02$$

$$k_{y4} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot R_{\Sigma 4}}{X_{\Sigma 4}}} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot (3.15+3.49+4.02)}{2.89+3.2+0.848+2.13}} = 1.02$$

$$k_{y5} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot R_{\Sigma 5}}{X_{\Sigma 5}}} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot (3.15+3.49+4.02+35.6)}{2.89+3.2+0.848+2.13+70.2}} = 1.16$$

$$k_{y6} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot R_{\Sigma 6}}{X_{\Sigma 6}}} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot (10.7 + 35.6 + 147.0)}{8.22 + 0.848 + 70.2 + 41.2}} = 1.01$$

$$k_{y7} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot R_{\Sigma 7}}{X_{\Sigma 7}}} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot (10.7 + 35.6 + 73.1)}{8.22 + 0.848 + 70.2 + 20.4}} = 1.02$$

$$k_{y8} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot R_{\Sigma 2}}{X_{\Sigma 2}}} = 1 + e^{\frac{-3.14 \cdot (3.25 + 4.64 + 4.02 + 3.49 + 3.15)}{0.848 + 1.72 + 2.46 + 2.13 + 3.2 + 2.89}} = 1.01$$

Тогда ударный ток

$$i_{y1} = \sqrt{2} \cdot k_{y1} \cdot I_{k1_3\phi} = \sqrt{2} \cdot 2.0 \cdot 7148 = 20217.0 = 20.217 \cdot \text{кА}$$

$$i_{y2} = \sqrt{2} \cdot k_{y2} \cdot I_{k2_3\phi} = \sqrt{2} \cdot 1.01 \cdot 266 = 380.0 = 0.38 \cdot \text{кА}$$

$$i_{y3} = \sqrt{2} \cdot k_{y3} \cdot I_{k3_3\phi} = \sqrt{2} \cdot 1.02 \cdot 381 = 550.0 = 0.55 \cdot \text{кА}$$

$$i_{y4} = \sqrt{2} \cdot k_{y4} \cdot I_{k4_3\phi} = \sqrt{2} \cdot 1.02 \cdot 433 = 625.0 = 0.625 \cdot \text{кА}$$

$$i_{y5} = \sqrt{2} \cdot k_{y5} \cdot I_{k5_3\phi} = \sqrt{2} \cdot 1.16 \cdot 1733 = 2842.0 = 2.842 \cdot \text{кА}$$

$$i_{y6} = \sqrt{2} \cdot k_{y6} \cdot I_{k6_3\phi} = \sqrt{2} \cdot 1.01 \cdot 698 = 997.0 = 0.997 \cdot \text{кА}$$

$$i_{y7} = \sqrt{2} \cdot k_{y7} \cdot I_{k7_3\phi} = \sqrt{2} \cdot 1.02 \cdot 1020 = 1471.0 = 1.471 \cdot \text{кА}$$

$$i_{y8} = \sqrt{2} \cdot k_{y8} \cdot I_{k8_3\phi} = \sqrt{2} \cdot 1.01 \cdot 1262 = 1802.0 = 1.802 \cdot \text{кА}$$

7.11 Мощность трехфазного КЗ для каждой из точек определяется по формуле:

$$S_{3k} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.ном}} \cdot I_k$$

Для точек 1,2,3,4

$$S_{3k1} = \sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 10^3 \cdot I_{k1_3\phi} = \sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 10^3 \cdot 7148 = 129.997 \cdot \text{МВА}$$

$$S_{3k2} = \sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 10^3 \cdot I_{k2_3\phi} = \sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 10^3 \cdot 266 = 4.838 \cdot \text{МВА}$$

$$S_{3k3} = \sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 10^3 \cdot I_{k3_3\phi} = \sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 10^3 \cdot 381 = 6.929 \cdot \text{МВА}$$

$$S_{3k4} = \sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 10^3 \cdot I_{k4_3\phi} = \sqrt{3} \cdot 10.5 \cdot 10^3 \cdot 433 = 7.875 \cdot \text{МВА}$$

$$S_{3k5} = \sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 10^3 \cdot I_{k5_3\phi} = \sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 10^3 \cdot 1733 = 1.201 \cdot \text{МВА}$$

$$S_{3k6} = \sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 10^3 \cdot I_{k6_3\phi} = \sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 10^3 \cdot 698 = 0.484 \cdot \text{МВА}$$

$$S_{3k7} = \sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 10^3 \cdot I_{k7_3\phi} = \sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 10^3 \cdot 1020 = 0.707 \cdot \text{МВА}$$

$$S_{3k8} = \sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 10^3 \cdot I_{k8_3\phi} = \sqrt{3} \cdot 0.4 \cdot 10^3 \cdot 1262 = 0.874 \cdot \text{МВА}$$

7.12. Определяем минимальную величину тока КЗ для проверки защиты на чувствительность. Это будут токи однофазного КЗ в конце линий 0,38 кВ (точки К₇, К₈ и К₉), которые рекомендуется рассчитывать по упрощенной формуле:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\Phi}{\frac{Z_T}{3} + z_{\Pi}},$$

где $Z_T = 1.63 \text{ Ом}$ - полное сопротивление трансформатора току замыкания на корпус, приведенное к напряжению 0.4 кВ

$$z_{n6} = \frac{L_{w3}}{1000} \cdot \sqrt{(2 \cdot r_{w3})^2 + 0.6^2} = \frac{187.4}{1000} \cdot \sqrt{(2 \cdot 1.14)^2 + 0.6^2} = 0.442$$

$$z_{n7} = \frac{L_{w1}}{1000} \cdot \sqrt{(2 \cdot r_{w1})^2 + 0.6^2} = \frac{93}{1000} \cdot \sqrt{(2 \cdot 1.14)^2 + 0.6^2} = 0.219$$

$$z_{n8} = \frac{L_{w2}}{1000} \cdot \sqrt{(2 \cdot r_{w2})^2 + 0.6^2} = \frac{86.8}{1000} \cdot \sqrt{(2 \cdot 0.576)^2 + 0.6^2} = 0.113$$

тогда

$$I_{k6_1\phi} = \frac{220}{\frac{Z_T}{3} + z_{n6}} = \frac{220}{\frac{1.63}{3} + 0.442} = 223.0 \text{ А}$$

$$I_{k7_1\phi} = \frac{220}{\frac{Z_T}{3} + z_{n7}} = \frac{220}{\frac{1.63}{3} + 0.219} = 289.0 \text{ А}$$

$$I_{k8_1\phi} = \frac{220}{\frac{Z_T}{3} + z_{n8}} = \frac{220}{\frac{1.63}{3} + 0.113} = 335.0 \text{ А}$$

7.13 Результаты расчетов сводим в таблицу 7.1

Таблица 7.1

Точка КЗ	Уср.ном кВ	Сопротивление Ом			Ky	Токи КЗ, кА				Sk, МВа
		r	x	Z		Ik(3)	Ik(2)	Iy	Ik(1)	
K1	10,5	0	0,848	0,848	2	7148	6190	20217		129,9973
K2	10,5	18,55	13,248	22,8	1,01	266	230	380		4,837618
K3	10,5	12,36	9,968	15,9	1,02	381	330	550		6,929069
K4	10,5	10,66	9,068	14	1,02	433	375	625		7,874769
K5	0,4	46,26	79,268	91,8	1,16	1733	1500	2842		1,200658
K6	0,4	193,3	120,468	228	1,01	698	604	997	223	0,483589
K7	0,4	119,4	99,668	156	1,02	1020	883	1471	289	0,706677
K8	0,4	80,8	97,068	126	1,01	1262	1092	1802	335	0,874339

ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИИ

Разъединитель для ТП1 выбирается по конструктивному исполнению, роду установки (внутренняя, наружная) и электрическим параметрам: номинальному напряжению ($U_{\text{ном}}$) и току ($I_{\text{ном}}$), термической и электродинамической устойчивости при токах КЗ. Электродинамическая устойчивость разъединителей характеризуется амплитудой ($i_{\text{макс}}$) предельного сквозного тока КЗ, называемого иногда током электродинамической стойкости. Термическая устойчивость разъединителей характеризуется произведением действующего значения предельного тока (I_T) термической стойкости на время (t_T) протекания тока термической стойкости.

Выбор высоковольтного разъединителя для ТП:

Выбираем разъединитель типа РЛНД-1-10Б/400УХЛ1 с приводом ПРНЗ-10УХЛ1 и номинальными параметрами:

$$U_{\text{ном}} = 10 \quad \text{кВ}$$

$$I_{\text{ном}} = 400 \quad \text{А}$$

$$i_{\text{max}} = 25 \quad \text{кА}$$

$$I_T = 10 \quad \text{кА}$$

$$t_T = 3 \quad \text{сек}$$

При выборе и проверке разъединителей должны соблюдаться следующие основные условия:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.уст}}$$

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{раб.мах}}$$

$$i_{\text{max}} \geq i_{y4}$$

$$I_T^2 \cdot t_T \geq I_{k4_3\phi}^{2.5}$$

$$10 = 10$$

$$I_{\text{ном}} = 400 \text{ А больше чем } I_{\text{раб.мах}} = 41.4 \quad \text{А}$$

$$i_{\text{max}} = 25 \text{ кА больше, чем } i_{y4} = 0.625 \cdot \text{кА}$$

$$I_T^2 \cdot t_T = 300 \quad \text{больше чем } I_{k4_3\phi}^{2.5} = 0.469 \quad \text{кА}^2 \cdot \text{с}$$

ЗАЩИТА ОТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Выбранная комплектная подстанция укомплектована:

- 1)предохранителями типа ПКТ101-10 для защиты силового трансформатора, расположенными во вводном устройстве 10 кВ;
- 2)автоматическими выключателями типов АЕ2000 и АЗ700 для защиты отходящих линий, расположенными в РУ 0,38 кВ.

Исходные данные для определения параметров защит силового трансформатора и отходящих линий 0.38 кВ:

1. Номинальный и расчетный токи нагрузки подстанции на стороне 10 кВ

$$I_{\text{раб.мах.тр}} = 3.64 \cdot \text{А}$$

$$I_{\text{доп}} = 175 \cdot \text{А}$$

2. Расчетные токи линий 0.38 кВ отходящих от ТП

$$I_{\text{мах1}} = 15.1 \cdot \text{А}$$

$$I_{\text{мах2}} = 79.5 \cdot \text{А}$$

$$I_{\text{мах3}} = 53.9 \cdot \text{А}$$

3. Значения токов трехфазного КЗ на шинах 10 и 0.4 кВ ТП:

$$I_{\text{k10}} = 433 \cdot \text{А}$$

$$I_{\text{k0.4}} = 1.733 \times 10^3 \cdot \text{А}$$

4. Значения токов однофазного КЗ в конце линий 0,38 кВ отходящих от подстанции

$$I_{\text{k1w1}} = 289 \cdot \text{А}$$

$$I_{\text{k1w2}} = 335 \cdot \text{А}$$

$$I_{\text{k1w3}} = 223 \cdot \text{А}$$

9.1 Защита трансформатора ТП1

Основными электрическими параметрами предохранителей для защиты трансформатора ТП1 являются: номинальное напряжение ($U_{\text{ном}}$), номинальный ток предохранителя ($I_{\text{ном}}$), номинальный ток плавкой вставки предохранителя ($I_{\text{Вном}}$), номинальный отключаемый ток ($I_{\text{ном.откл}}$).

Выберем предохранитель типа ПКТ101-10-16-20У1

$$U_{\text{ном}} = U_{\text{номуст}}$$

$$10\text{кВ} = 10\text{кВ}$$

$$I_{\text{макс.откл}} \geq I_{\text{k10}}$$

$$I_{\text{k10}} = 433 \quad \text{А}$$

$$I_{\text{макс.откл}} = 20 \quad \text{кА} \quad - \text{условие выполняется}$$

9.1.2. Ток плавкой вставки предохранителя выбираем по двум условиям:

1) отстройке от тока нагрузки на шинах 10 кВ ТП:

$$I_B \geq k_H \cdot I_{\text{раб.мах}}$$

$k_H = 1.25$ - коэффициент надежности

$$I_{B1} = k_H \cdot I_{\text{раб.мах.тр}} = 1.25 \cdot 3.64 = 4.55 \text{ А}$$

2. Отстойке от бросков тока намагничивания трансформатора при его включении под

$$I_{B2} = 2 \cdot I_{\text{тр.ном}} = 2 \cdot 3.64 = 7.28 \text{ А}$$

9.1.3. Большее значение принимаем за расчетное значение тока плавкой вставки и округляем до ближайшего стандартного

Примем

$$I_B = 7.28 \text{ А}$$

Принимаем $I_B = 20$

9.1.4. Время срабатывания выбранной плавкой вставки должно обеспечить термическую стойкость трансформатора

$$t_B \leq t_{T.Y}$$

где t_B - время перегорания плавкой вставки при трехфазном КЗ на шинах 0.4 кВ ТП

$$t_B = 2 \text{ с}$$

$$t_{TY} = \frac{1500}{(I_{k5_3\phi})^2} \cdot I_{\text{тр.ном}}^2 = \frac{1500}{1733} \cdot 3.64^2 = 11.5 \text{ с}$$

как видно $t_B \leq t_{T.Y}$

9.2.Защита отходящих от ТП линий 0,38 кВ

Защита линии W1.

9.2.1.Выбираем корпус выключателя по его номинальному напряжению ($U_{ном}$), номинальному току ($I_{ном}$) и предельно допустимому отключаемому току КЗ ($I_{макс.откл}$) :

Данная линия характеризуется:

Номинальным напряжением лини $U_{ном0.38} = 380 \text{ В}$

Рабочий максимальный ток $I_{max1} = 15.1 \cdot \text{А}$

Максимальный отключаемый ток КЗ $I_{k5_3\phi} = 1.733 \times 10^3 \cdot \text{А}$

Должны выполняться условия

$$U_{ном} \geq U_{номуст}$$

$$I_{ном.w1} \geq I_{max}$$

$$I_{макс.откл.w1} \geq I_{k5_3\phi}$$

Выберем выключатель АЗ714Б с параметрами

$$U_{ном.w1} = 380 \text{ В}$$

$$I_{ном.w1} = 160 \text{ А}$$

$$I_{макс.откл.w1} = 36 \cdot 10^3 \text{ А}$$

9.2.2 Выбираем номинальный ток полупроводникового расцепителя

$$I_{раб.макс.w1} = I_{max1} = 15.1 \cdot \text{А}$$

$$I_{н.р} \geq I_{раб.макс}$$

Примем номинальный ток расцепителя выключателя

$$I_{н.р} = 40 \cdot \text{А}$$

9.2.3. Определяем ток срабатывания МТЗ (в зоне перегрузки) полупроводникового расцепителя выключателя:

$$I_{с.п.р} = 1.25 \cdot I_{н.р} = 1.25 \cdot 40 = 50.0 \text{ А}$$

9.2.4. Проверяем чувствительность МТЗ:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k1w1}}{I_{\text{с.п.р}}} = \frac{289}{50.0} = 5.78$$

$K_{\text{ч}}$ - коэффициент чувствительности;

I_{k1w1} - ток однофазного КЗ в конце линии W1

9.2.5 Определяем ток срабатывания ТО по условиям

- отстройки от тока трехфазного КЗ в конце линии W1

$$I_{\text{с.о.w1}} = 1.25 \cdot I_{k1w1} = 1.25 \cdot 289 = 361.0 \quad \text{А}$$

9.2.6 По наибольшему значению $I_{\text{с.о}}$ определим уставку тока срабатывания ТО полупроводникового расцепителя выбранного типа выключателя

$$I_{\text{с.п.р}} \geq I_{\text{с.о.w1}} \quad I_{\text{с.п.р}} = 50 \cdot \text{А}$$

т.к. условие не выполняется, то выбираем электромагнитный расцепитель

$$I_{\text{с.э.р}} \geq I_{\text{с.о.}}$$

$$I_{\text{с.э.р}} = 1600 \quad \text{А}$$

Проверяем чувствительность ТО:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k5_2\phi}}{I_{\text{с.э.р}}} = \frac{1500}{1600} = 0.937$$

$I_{k5_3\phi}$ - ток двухфазного КЗ в месте установки выключателя (на шинах 0,4 кВ ТП1), кА. При $K_{\text{ч}} < 1,2$ линия W1 будет защищаться от междуфазных КЗ одной МТЗ.

9.2.8 Определяем ток срабатывания реле РЭ-571Т, включенного в нулевой провод линии

$$I_{\text{с.р}} = 0.71 \cdot I_{\text{раб.макс.w1}} = 0.71 \cdot 15.1 = 10.721$$

9.2.9 Проверяем чувствительность от токов однофазного КЗ

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k1w1} - I_{\text{раб.макс.w1}}}{I_{\text{с.р}}} = \frac{289 - 15.1}{10.721} = 25.5 \quad \text{что больше, чем 1.5}$$

Защита линии W2.

9.2.1. Выбираем корпус выключателя по его номинальному напряжению ($U_{ном}$), номинальному току ($I_{ном}$) и предельно допустимому отключаемому току КЗ ($I_{макс.откл}$) :

Данная линия характеризуется:

Номинальным напряжением линии $U_{ном0.38} = 380 \text{ В}$

Рабочий максимальный ток $I_{max2} = 79.5 \cdot \text{А}$

Максимальный отключаемый ток КЗ $I_{k5_3\phi} = 1.733 \times 10^3 \cdot \text{А}$

Должны выполняться условия

$$U_{ном} \geq U_{номуст}$$

$$I_{ном.w2} \geq I_{max2}$$

$$I_{макс.откл.w2} \geq I_{k5_3\phi}$$

Выберем выключатель АЗ716Б с параметрами

$$U_{ном.w2} = 380 \text{ В}$$

$$I_{ном.w2} = 160 \text{ А}$$

$$I_{макс.откл.w1} = 60 \cdot 10^3 \text{ А}$$

9.2.2 Выбираем номинальный ток теплового расцепителя

$$I_{раб.макс.w2} = I_{max2} = 79.5 \cdot \text{А}$$

$$I_{н.р} \geq I_{раб.макс}$$

Примем номинальный ток расцепителя выключателя

$$I_{н.р} = 100 \cdot \text{А}$$

9.2.3. Определяем ток срабатывания теплового расцепителя выключателя, соответствующий его номинальному току

$$I_{с.т.р} = 1.15 \cdot I_{н.р} = 1.15 \cdot 100 = 115.0 \text{ А}$$

9.2.4. Проверяем чувствительность МТЗ:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k1w2}}{I_{с.т.р}} = \frac{335}{115.0} = 2.913 \quad \text{больше 3}$$

$K_{\text{ч}}$ - коэффициент чувствительности;

I_{k1w2} - ток однофазного КЗ в конце линии W2

9.2.5 Определяем ток срабатывания ТО по условиям

- отстройки от тока трехфазного КЗ в конце линии W2

$$I_{c.o.w2} = 1.25 \cdot I_{k1w2} = 1.25 \cdot 335 = 419.0 \quad \text{А}$$

9.2.6 По наибольшему значению I_{co} определим уставку тока срабатывания ТО полупроводникового расцепителя выбранного типа выключателя

$$I_{c.t.p} \geq I_{c.o.w2} \quad I_{c.t.p} = 115 \cdot \text{А}$$

т.к. условие не выполняется, то выбираем электромагнитный расцепитель

$$I_{c.э.p} \geq I_{c.o.}$$

$$I_{c.э.p} = 1600 \quad \text{А}$$

Проверяем чувствительность ТО:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k5_2\phi}}{I_{c.э.p}} = \frac{1500}{1600} = 0.937$$

$I_{k5_2\phi}$ - ток двухфазного КЗ в месте установки выключателя (на шинах 0,4 кВ ТП), кА. При $K_{\text{ч}} < 1,2$ линия W2 будет защищаться от междуфазных КЗ одной МТЗ.

9.2.8 Определяем ток срабатывания реле РЭ-571Т, включенного в нулевой провод линии

$$I_{c.p} = 0.71 \cdot I_{\text{раб.макс.w2}} = 0.71 \cdot 79.5 = 56.445 \cdot \text{А}$$

9.2.9 Проверяем чувствительность от токов однофазного КЗ

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k1w2} - I_{\text{раб.макс.w2}}}{I_{c.p}} = \frac{335 - 79.5}{56.445} = 4.53 \quad \text{что больше, чем } 1.5$$

Защита линии W3.

9.2.1. Выбираем корпус выключателя по его номинальному напряжению ($U_{ном}$), номинальному току ($I_{ном}$) и предельно допустимому отключаемому току КЗ ($I_{макс.откл}$) :

Данная линия характеризуется:

Номинальным напряжением линии $U_{ном0.38} = 380 \text{ В}$

Рабочий максимальный ток $I_{max3} = 53.9 \cdot \text{А}$

Максимальный отключаемый ток КЗ $I_{k5_3\phi} = 1.733 \times 10^3 \cdot \text{А}$

Должны выполняться условия

$$U_{ном} \geq U_{номуст}$$

$$I_{ном.W3} \geq I_{max3}$$

$$I_{макс.откл.W3} \geq I_{k5_3\phi}$$

Выберем выключатель АЕ2056М с параметрами

$$U_{ном.W3} = 380 \text{ В}$$

$$I_{ном.W3} = 160 \text{ А}$$

$$I_{макс.откл.W1} = 6 \cdot 10^3 \text{ А}$$

9.2.2 Выбираем номинальный ток теплового расцепителя

$$I_{раб.макс.W3} = I_{max3} = 53.9 \cdot \text{А}$$

$$I_{Н.Р} \geq I_{раб.макс}$$

Примем номинальный ток расцепителя выключателя

$$I_{Н.Р} = 80 \cdot \text{А}$$

9.2.3. Определяем ток срабатывания теплового расцепителя выключателя, соответствующий его номинальному току

$$I_{с.т.р} = 92 \cdot \text{А}$$

9.2.4. Проверяем чувствительность МТЗ:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k1W3}}{I_{с.т.р}} = \frac{223}{92} = 2.424$$

$K_{\text{ч}}$ - коэффициент чувствительности;

I_{k1w2} - ток однофазного КЗ в конце линии W2

Если условие не выполняется то защита линии W3 от однофазных КЗ будет определяться только настройкой токового реле, включаемого в нулевой провод линии

9.2.5 Определяем ток срабатывания ТО по условиям

- отстройки от тока трехфазного КЗ в конце линии W2

$$I_{c.ow3} = 1.25 \cdot I_{k1w3} = 1.25 \cdot 223 = 279.0 \quad \text{А}$$

9.2.6 По наибольшему значению I_{c0} определим уставку тока срабатывания ТО полупроводникового расцепителя выбранного типа выключателя

$$I_{c.t.p} \geq I_{c.o.w3} \quad I_{c.t.p} = 92 \cdot \text{А}$$

т.к. условие не выполняется, то выбираем электромагнитный расцепитель

$$I_{c.э.p} \geq I_{c.o.}$$

$$I_{c.э.p} = 960 \quad \text{А}$$

Проверяем чувствительность ТО:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k5_2\phi}}{I_{c.э.p}} = \frac{1500}{960} = 1.56$$

$I_{k5_2\phi}$ - ток двухфазного КЗ в месте установки выключателя (на шинах 0,4 кВ ТП), кА. При $K_{\text{ч}} < 1,2$ линия W2 будет защищаться от междуфазных КЗ одной МТЗ.

9.2.8 Определяем ток срабатывания реле РЭ-571Т, включенного в нулевой провод линии

$$I_{c.p} = 0.71 \cdot I_{\text{раб.макс.w3}} = 0.71 \cdot 53.9 = 38.269$$

9.2.9 Проверяем чувствительность от токов однофазного КЗ

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k1w3} - I_{\text{раб.макс.w3}}}{I_{c.p}} = \frac{223 - 53.9}{38.269} = 4.42 \quad \text{что больше, чем 1.5}$$

9.3 Защита ВЛ 10 кВ

9.3.1. Определяем ток срабатывания защиты ($I_{с.з}$) по двум условиям:

- отстройки от расчетного тока нагрузки ($I_{раб.макс}$) головного участка линии 10 кВ:

$$I_{с.з} = \frac{K_H \cdot K_3}{K_B} \cdot I_{раб.макс}$$

где $K_H = 1.3$

$K_3 = 1.1$ - коэффициенты надежности, самозапуска и возврата

$K_B = 0.65$

тогда
$$I_{с.з1} = \frac{K_H \cdot K_3}{K_B} \cdot I_{раб.макс} = \frac{1.3 \cdot 1.1}{0.65} \cdot 88.7 = 195.0$$

- условию селективности с более удаленной от шин 10 кВ защитой ТП 10/0,38 плавкими предохранителями:

$$I_{с.з2} = K_{Н.П} \cdot I_{В.С}$$

где $K_{Н.П} = 1.4$ - коэффициент надежности срабатывания плавкого предохранителя

$I_{В.С}$ - ток плавкой вставки, определенный по её защитной характеристике (приложение К) при времени перегорания $t=5$ с, А; номинальный ток плавкой вставки можно принять по данным 2, с.315 для самого мощного трансформатора 10/0,38 кВ ближайшего к шинам 10 кВ населенного пункта, подключенного к линии 10 кВ

$$I_{В.С} = 80$$

$$I_{с.з2} = K_{Н.П} \cdot I_{В.С} = 1.4 \cdot 80 = 112 \cdot A$$

Принимаем за расчетное значение $I_{с.з} = 195 \cdot A$

9.3.2. Определяем ток срабатывания реле:

$$I_{с.р} = \frac{K_{сх}}{K_I} \cdot I_{с.з}$$

где $K_{сх} = 1$ - коэффициент схемы соединения трансформаторов тока и реле

$$K_I = \frac{I_{1ном}}{I_{2ном}} = \frac{I_{1ном}}{5}$$

При $I_{раб.макс} = 88.7 \cdot A$

$I_{1н}$ - первичный номинальный ток ТТ, А; выбирается из стандартного ряда значений: 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300 и 400 А по условию:

$$I_{1н} \geq I_{\text{раб.макс}}$$

$$I_{1н} = 100 \cdot A$$

тогда $K_I = \frac{I_{1н}}{5} = \frac{100}{5} = 20$

тогда $I_{с.р} = \frac{K_{сх}}{K_I} \cdot I_{с.з} = \frac{1}{20} \cdot 195.0 = 9.75 \quad A$

9.3.3. Выбираем уставку тока для реле РТВ из ряда значений: 5; 6; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 25; 30 и 35 А по условию:

$$I_y \geq I_{с.р}$$

Принимаем $I_y = 10 \cdot A$

9.3.4 Определяем уточненное значение тока срабатывания защиты:

$$I'_{с.з} = \frac{K_I}{K_{сх}} \cdot I_y = \frac{20}{1} \cdot 10 = 200.0 \quad A$$

9.3.5 Проверяем чувствительность защиты

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k2_2\phi}}{I'_{с.з}} = \frac{230}{200.0} = 1.15$$

$I_{k2_2\phi}$ - ток двухфазного КЗ в конце линии 10 кВ (минимальный ток КЗ)

Расчет ТО проводим следующим образом:

9.3.6 Выбираем ток срабатывания ТО по двум условиям:

- отстойке от максимального тока КЗ у подстанции ближайшего к шинам 10 кВ населенного пункта

$$I_{с.о} = 1.5 \cdot I_{k4_3\phi} = 1.5 \cdot 0.433 = 0.649 \quad \text{кА}$$

- отстойке от броска тока намагничивания трансформаторов 10/0.38 кВ и подключенных к линии, при их включении под напряжение

$$I_{с.о} \geq 4 \cdot \frac{\Sigma S_{\text{тр.ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.уст}}}$$

$$\Sigma S_{\text{тр.ном}} = S_{\text{ном1}} + S_{\text{ном2}} = 160 + 63 = 223.0 \quad \text{кВА}$$

$$U_{\text{ном.уст}} = 10 \quad \text{кВт}$$

$$4 \cdot \frac{\Sigma S_{\text{тр.ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.уст}}} = 4 \cdot \frac{223.0}{\sqrt{3} \cdot 10} = 51.5 \cdot A$$

при $I_{c.o} = 0.649 \text{ кА}$ данное условие выполняется и задается данной величиной.

9.3.7 Определяем ток срабатывания реле отсечки

$$I_{c.p.o} = \frac{K_{cx}}{K_I} \cdot I_{c.o} \cdot 1000 = \frac{1}{20} \cdot 0.649 \cdot 1000 = 32.4 \text{ А}$$

9.3.8 Выбираем уставку тока для реле РТМ из условия

$$I_{y.o} \geq I_{c.p.o}$$

принимаем $I_{y.o} = 40 \cdot \text{А}$

9.3.9 Определяем уточненное значение тока срабатывания ТО:

$$I'_{c.o} = \frac{K_I}{K_{cx}} \cdot I_{y.o} = \frac{20}{1} \cdot 40 = 800.0 = 0.8 \cdot \text{кА}$$

9.3.5 Проверяем чувствительность защиты

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k1_3\phi}}{I'_{c.o}} = \frac{7148}{800} = 8.93 \quad \text{должно быть больше, чем 1.2}$$

Согласование защит

Действие максимальных токовых защит должно быть согласовано по времени так, чтобы поврежденный элемент электропередачи отключался ближайшей к нему защитой.

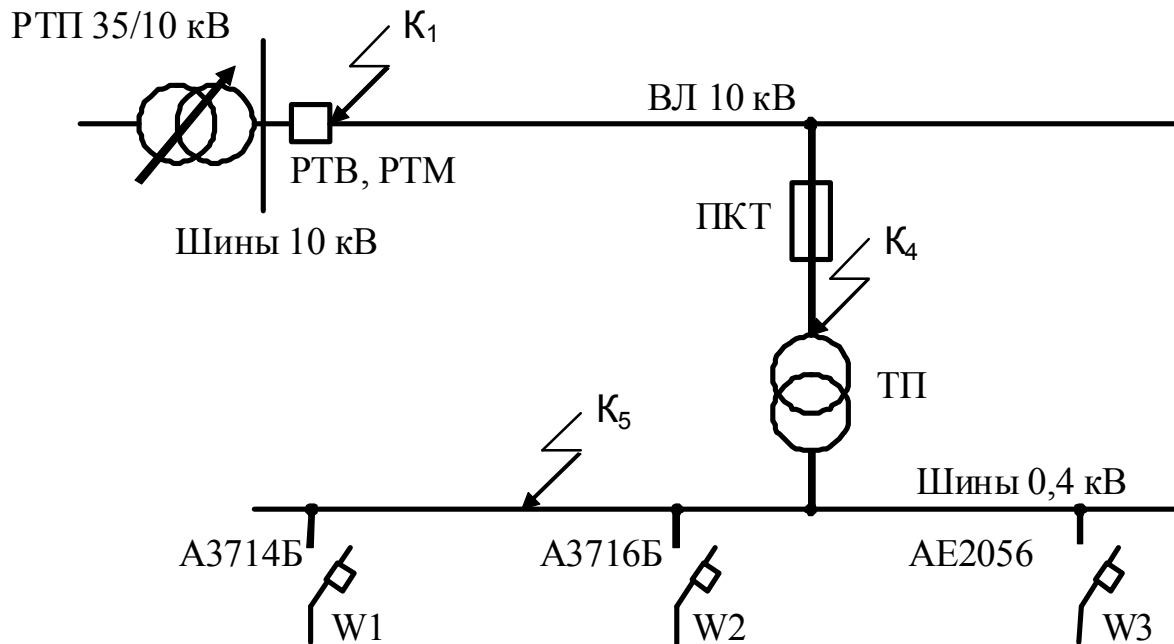


Рисунок 10.1

Рисунок 10.1. Характеристика защиты линии W1.

10.1 строим характеристику защиты линии W1, используя результаты расчета и характеристику времени срабатывания автоматического выключателя A3714Б

Исходные данные

$$I_{с.п.р.w1} = 50 \cdot A$$

$$I_{Н.Р.w1} = 40 \cdot A$$

$$I_{с.э.р.w1} = 1.6 \times 10^3 \cdot A$$

$$I_{с.ow1} = 361 \cdot A$$

$$I_{k5} = 1.733 \times 10^3 \cdot A$$

Таблица 10.1. Характеристика времени срабатывания выключателя АЗ714Б с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями

$I/I_{н.р}$	1,3	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	
I, A	50	80	120	160	200	240	280	320	360	400	400	1733
t, c	500	150	30	9	5	3,5	3,1	3	2,9	2,8	0,04	0,04

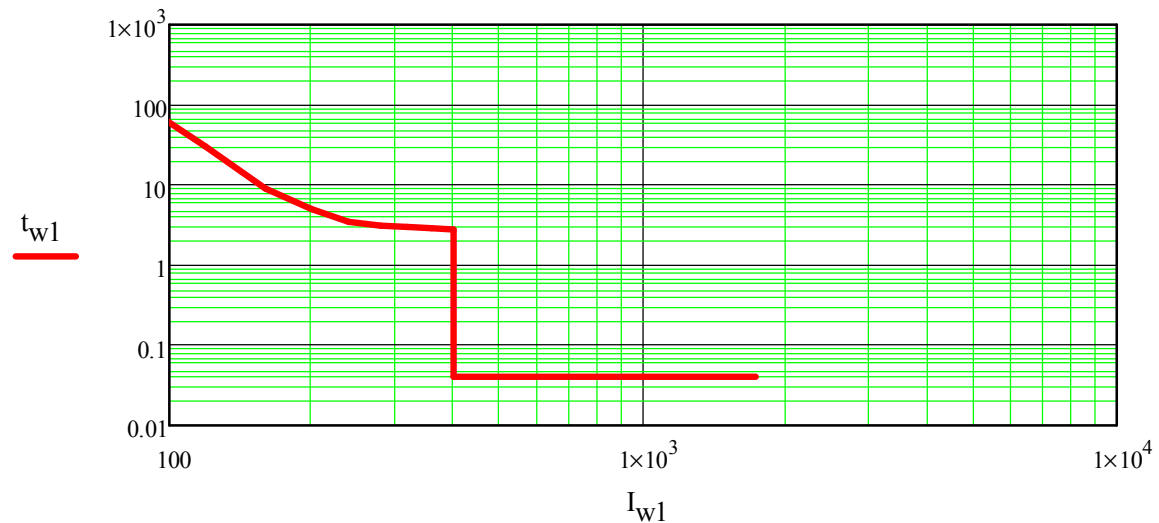


Рисунок 10.2. Характеристика времени срабатывания выключателя АЗ714Б

10.2 Строим характеристику защиты линии W2:

Исходные данные

$$I_{с.т.р.w2} = 115 \cdot A$$

$$I_{н.р.w2} = 100 \cdot A$$

$$I_{с.э.р.w2} = 1.6 \times 10^3 \cdot A$$

$$I_{с.ов2} = 419 \cdot A$$

$$I_{k5} = 1.733 \times 10^3 \cdot A$$

Таблица 10.2. Характеристика времени срабатывания выключателя АЗ716Б
с тепловыми и электромагнитными расцепителями

I/I _{н.р}	1,15	1,25	1,5	2	3	4	6	8	10	12,8	12,8	
I, A	115	125	150	200	300	400	600	800	1000	1280	1280	1733
t, c	5000	1800	400	150	50	30	12	7	4,5	3	0,04	0,04

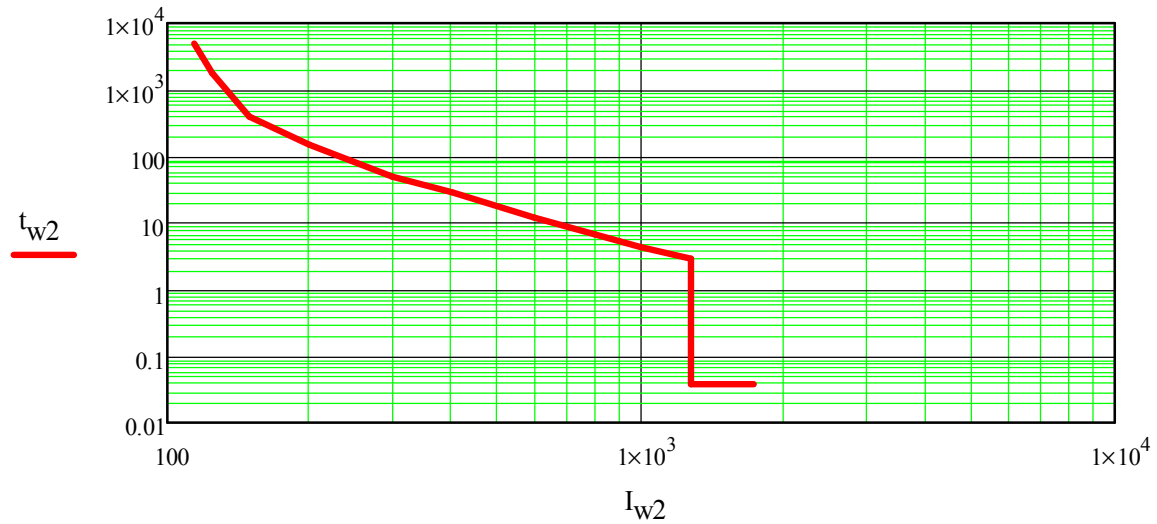


Рисунок 10.3 Характеристика времени срабатывания выключателя АЗ716Б

10.3 Строим характеристику защиты линии W3:

Исходные данные

$$I_{с.т.р.w3} = 92 \cdot A$$

$$I_{н.р.w3} = 80 \cdot A$$

$$I_{с.э.р.w3} = 960 \cdot A$$

$$I_{с.ов3} = 279 \cdot A$$

$$I_{k5} = 1.733 \times 10^3 \cdot A$$

Таблица 10.3. Характеристика времени срабатывания выключателя АЕ2056М с тепловыми и электромагнитными расцепителями

$I/I_{н.р}$	1,15	1,25	1,5	2	3	4	6	8	10	12	12	
I, A	92	100	120	160	240	320	480	640	800	960	960	1733
t, c	10000	600	250	100	45	21	9	5	3	2	0,04	0,04

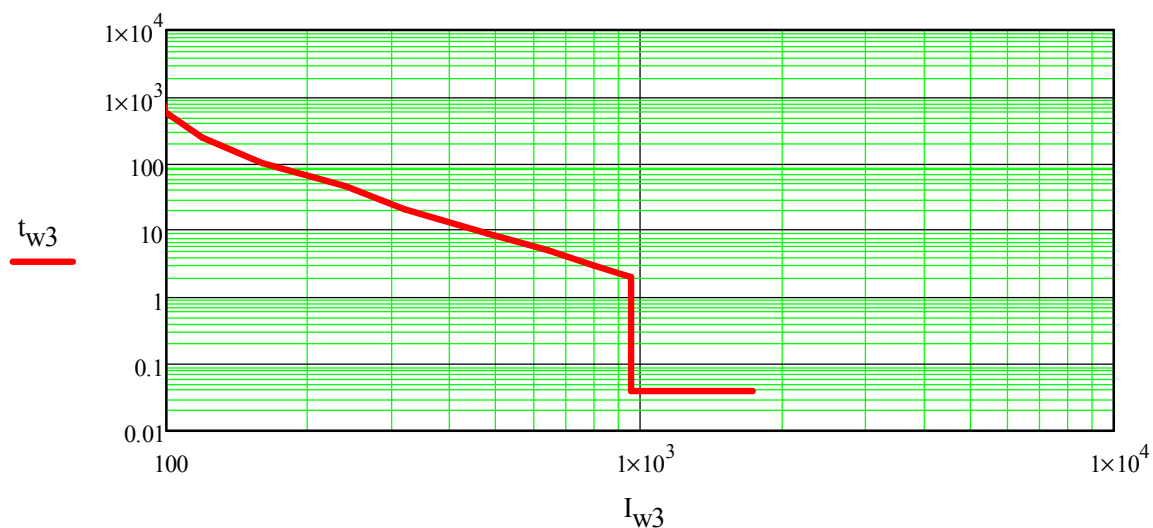


Рисунок 10.4 Характеристика времени срабатывания выключателя АЕ2056М

Строим характеристику защиты трансформатора ТП, используя результаты расчета (п.9.1.) и защитную характеристику плавкой вставки предохранителя ПКТ-101-10-20-20 У1

Ток плавкой вставки $I_B = 20 \cdot A$ тогда, согласуясь с приложением К, определяем t .

Таблица 10.4 Защитная характеристика предохранителя ПКТ101-10-20-20У1

I, A	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400	500	600
t, c	600	150	30	10	5	2	1	0,11	0,05	0,025	0,019	0,01
I _{нн} , A	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	5000	7500	10000	12500	

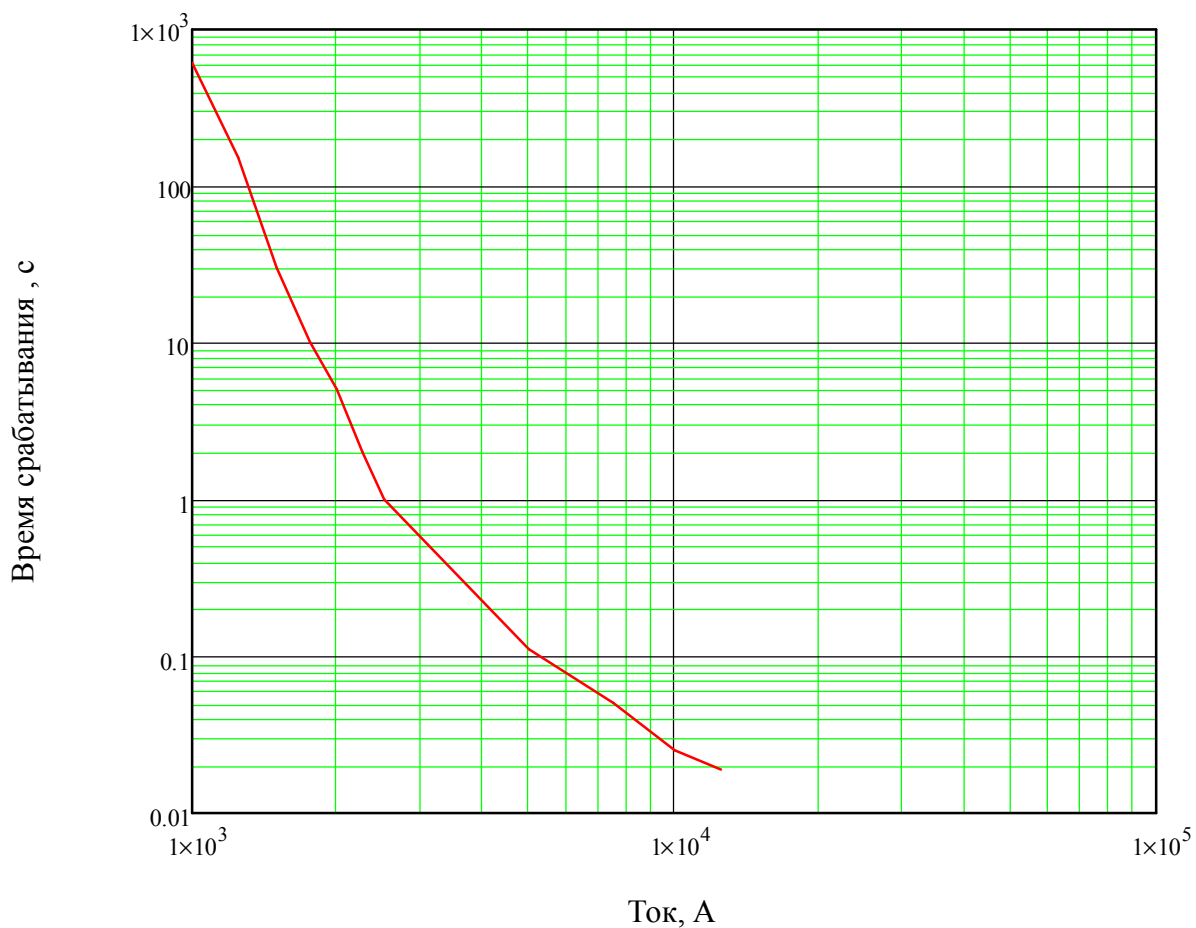


Рисунок 10.5 Защитная характеристика предохранителя ПКТ101-10-20-20У1

10.5 Строим характеристику защиты линии 10 кВ, используя результаты расчета и характеристику времени срабатывания реле РТВ-1 из приложения К

Исходные данные:

1) Для МТЗ: $I_{c.p} = 9.75 \cdot A$ $I_y = 10 \cdot A$ $I'_{c.3} = 200 \cdot A$

2) Для ТО: $I_{c.p.o} = 32.4 \cdot A$ $I_{y.o} = 40 \cdot A$ $I'_{c.o} = 800 \cdot A$ $I_{k1_3\phi} = 7.148 \times 10^3 \cdot A$

Таблица 10.5 Характеристика срабатывания защиты ВЛ 10кВ с реле РТВ и РТМ

$I/I_{сз}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6						
I, A	200	220	240	260	280	300	320	280	540	670	800	800	7148
t, c	9	6,3	4,6	3,5	2,8	2,2	2	2	2	2	2	0,1	0,1
$I_{нн}, A$	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	7000	13500	16750	20000	20000	178700

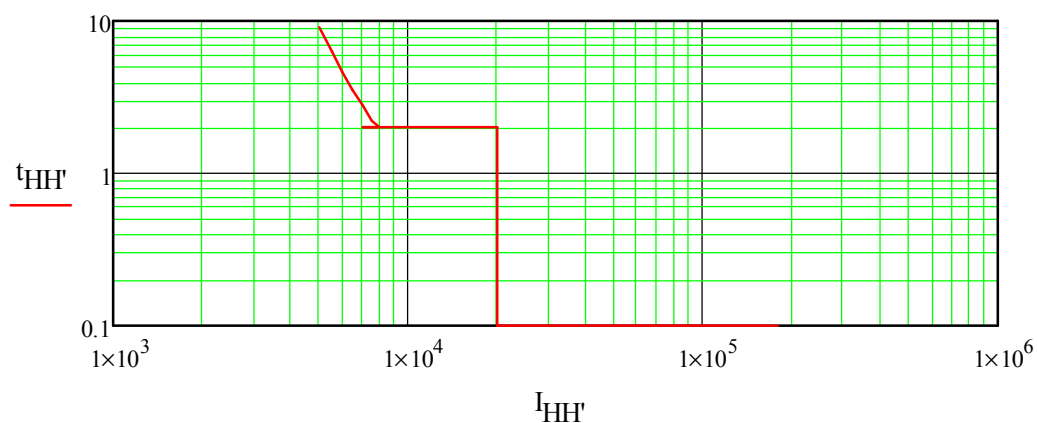
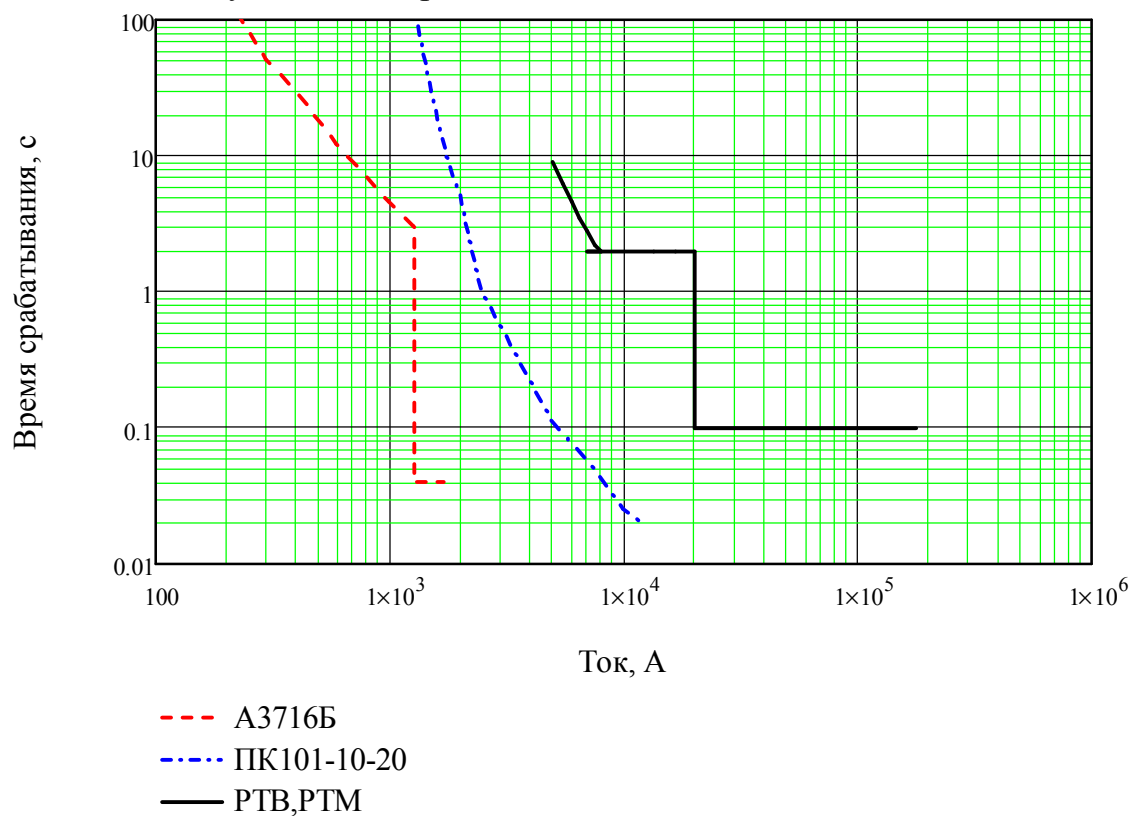


Рисунок 10.6 Характеристика срабатывания защиты ВЛ 10 кВ с реле РТВ и РТМ

Строим карту согласования защит.

Совмещаем характеристики защит линии W2 (рис.10.3), трансформатора ТП (рис.10.5) и линии 10 кВ (рис.10.6) на едином графике

Рисунок 10.7 Карта согласования защит линий 0,38 и 10 кВ



Технико-экономическая часть

В технико-экономической части необходимо определить количество материалов и оборудования для строительства распределительной сети 10 кВ и ВЛ 0,38 кВ в заданном населенном пункте. Кроме того, необходимо рассчитать себестоимость передачи и распределения электрической энергии до шин 0,4 кВ потребительских подстанций, т.е. без учета линий 0,38 кВ.

11.1. Спецификация на оборудование и материалы

До составления спецификации (см. приложение Л) необходимо выполнить следующее:

11.1.1. На плане местности для каждого населенного пункта (кроме расчетного) определить:

- 1) полную мощность нагрузки для дневного и вечернего максимума по формуле (3.2); при этом значение коэффициента мощности дневного и вечернего максимума нагрузки населенного пункта определяется по кривым [1, рис.3.6] или 2, рис.3.7 в зависимости от доли производственной нагрузки к общей нагрузке потребителей;
- 2) по наибольшей полной нагрузке (дневного или вечернего максимума) определить возможное число и мощность потребительских КТП 10/0,38 кВ в каждом населенном пункте, используя приложение Ж.

11.1.2. По плану местности с учетом заданного масштаба определить необходимое число опор ВЛ 10 кВ и изоляторов, а также длину проводов.

11.1.3. На плане расчетного населенного пункта с учетом заданного масштаба определить необходимое число опор ВЛ 0,38 кВ, изоляторов и линейной арматуры.

В спецификацию (см. приложение Л) заносится оборудование и материалы, необходимые для строительства распределительной сети 10 кВ и ВЛ 0,38 кВ в заданном населенном пункте, в следующей последовательности:

- 1) тип ячейки КРУН 10 кВ РТП 35/10 кВ;
- 2) число и мощность потребительских подстанций КТП 10/0,38 кВ, включая подстанции расчетного населенного пункта;
- 3) марка, сечение и длина проводов ВЛ 10 кВ;
- 4) марка и число изоляторов для ВЛ 10 кВ;
- 5) марка и число опор ВЛ 10 кВ;
- 6) тип и число разъединителей для подстанций расчетного населенного пункта;
- 7) марка, сечение и длина проводов ВЛ 0,38 кВ расчетного населенного пункта;
- 8) марки и число изоляторов и линейной арматуры для ВЛ 0,38 кВ;
- 9) марка и число опор ВЛ 0,38 кВ расчетного населенного пункта.

11.1. Спецификация на оборудование и материалы.

Таблица 11.1 Полная мощность нагрузки для населённых пунктов, мощность и число потребительских КТП 10/0.38

Пункт	РДО,кВт	РВО,кВт	Рдп,кВт	РВП,кВт	cosφд	cosφв	Сд,кВА	Св,кВА	ТП,кВА	ТП,кВА
1	400	350	250	200	0,78	0,826	512,8205	423,7288	250	250
2	217	134	53,4	56,6	0,78	0,826	251,7401	157,4618	250	63
3	200	350	150	250	0,78	0,826	266,3116	439,6985	160	250
4	260	290	200	210	0,78	0,826	348,9933	365,2393	160	250
5	300	350	150	155	0,78	0,826	372,6708	418,6603	250	160
6	180	240	100	120	0,78	0,826	226,7003	286,0548	160	160

Таблица 11.2 Спецификация оборудования

[illegible]

11.2. Расчет себестоимости передачи и распределения электрической энергии до шин 0,4 кВ

11.2.1. Определяются капитальные затраты на сооружение ВЛ 10 кВ и подстанций 10/0,38 кВ. Расчет рекомендуется вести по укрупненным показателям, в учебных целях допускается использовать значения показателей в ценах 1990 года. Результаты расчета сводятся в таблицу 11.1

п/п	Наименование элемента электропередачи	Количество	Кап. Затр. На единицу оборудования тыс.руб	Кап. затр. всего тыс.руб
1	Ячейка КРУН 10 кВ	1	3,5	3,5
2	ВЛ 10 кВ	38,6	3	115,8
3	КТП 10/0.38 кВ-63	1	1,49	1,49
4	КТП 10/0.38 кВ-100	0	1,75	0
5	КТП 10/0.38 кВ-160	5	2,06	10,3
6	КТП 10/0.38 кВ-250	6	2,41	14,46
			Итого	145,55

Суммарные капиталовложения

$$K = K_{\text{КРУН}} + K_{\text{ВЛ10}} + K_{\text{ПС}}$$

где $K_{\text{Крун}}$, $K_{\text{вл10}}$ и $K_{\text{пс}}$ капитальные затраты на ячейку КРУН, ВЛ 10 кВ и подстанции 10/0,38 кВ, руб.

$$K = 145.55 \text{ тыс. руб}$$

11.2.2 Определяются годовые издержки на амортизацию и капитальный ремонт; на обслуживание; на потери электрической энергии 10 кВ:

$$И = И_A + И_{об} + И_{П}$$

где $И_A$, $И_{об}$, $И_{П}$ издержки на амортизацию и капитальный ремонт; на обслуживание; на потери электрической энергии; руб./год.

$$И_A = \frac{3.5 \cdot 6.4}{100} + \frac{K_{\text{ВЛ10}} \cdot 3.6}{100} + \frac{(K_{\text{пс63}} + K_{\text{пс100}} + K_{\text{пс160}} + K_{\text{пс250}}) \cdot 6.4}{100}$$

$$И_A = \frac{3.5 \cdot 6.4}{100} + \frac{115.8 \cdot 3.6}{100} + \frac{(1.49 + 0 + 10.3 + 14.46) \cdot 6.4}{100} = 6.073 \text{ тыс. руб/год}$$

$$И_{об} = \gamma \cdot (\Sigma n_{\text{уе.КРУН}} + \Sigma n_{\text{уе.ВЛ}} + \Sigma n_{\text{уе.ПС}})$$

$$\gamma = 28 \frac{\text{руб}}{\text{год}} - \text{затраты на обслуживание одной условной единицы, руб}$$

$$\Sigma n_{\text{уе.КРУН}} = 6.3 \text{ у.е}$$

$$\Sigma n_{\text{уе.ВЛ}} = 1.7 \cdot L_{10} = 1.7 \cdot 38.6 = 65.6 \text{ у.е.}$$

$$\Sigma n_{\text{уе.ПС}} = 12 \cdot 4 = 48 \text{ у.е}$$

тогда $I_{об} = \gamma \cdot (\Sigma n_{ye.КРУН} + \Sigma n_{ye.ВЛ} + \Sigma n_{ye.ПС}) = 28 \cdot (6.3 + 65.6 + 48) = 3357.0 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$

$$I_{\Pi} = I_{\Pi.ВЛ} + I_{\Pi.ТР}$$

где $I_{\Pi.ВЛ}$, $I_{\Pi.ТР}$ – издержки на потери электрической энергии в линиях 10 кВ и в трансформаторах подстанций 10/0,38 кВ, руб./год.

$$I_{\Pi.ВЛ} = \Delta W_{ВЛ} \cdot C_{ВЛ} \cdot 10^{-2}$$

$$\Delta W_{ВЛ} = 3.542 \times 10^5 \frac{\text{кВтч}}{\text{год}} \quad - \text{ годовые потери электроэнергии в линиях 10 кВ;}$$

$$C_{ВЛ} = M + \frac{N}{h}$$

$$C_{ВЛ} = 0.84 + \frac{5000}{2700} = 2.69 \frac{\text{коп}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$$

$$I_{\Pi.ВЛ} = \Delta W_{ВЛ} \cdot C_{ВЛ} \cdot 10^{-2} = 354200 \cdot 2.69 \cdot 10^{-2} = 9527.0 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

$$I_{\Pi.тр} = \left(\frac{S_p}{S_{тр.ном}} \right)^2 \cdot \Delta P_k \cdot \tau \cdot c_k + \Delta P_x \cdot T_B \cdot c_x$$

$$I_{\Pi.тр} = \left[\left(\frac{67.4}{63} \right)^2 \cdot 1.28 \cdot 1100 \cdot 4.46 + 0.24 \cdot 8760 \cdot 1.56 \right] \cdot 10^{-2} = 104.672 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

тогда

$$I_{\Pi} = I_{\Pi.ВЛ} + I_{\Pi.тр} = 9527.0 + 105.0 = 9632.0 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

тогда

$$I = I_A + I_{об} + I_{\Pi} = 6.07 + 3357.0 + 9632.0 = 12995.0 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

11.2.3. Рассчитывается переданная за год по линиям 10 кВ энергия:

$$W_{год} = P_p \cdot T_m$$

$$P_p = 1.262 \times 10^3 \text{ кВт} \quad - \text{ максимальная активная мощность дневного или вечернего максимума нагрузки на головном участке 10 кВт}$$

$$T_m = 3417 \text{ ч} \quad - \text{ время использования максимальной нагрузки}$$

$$\text{тогда } W_{год} = P_p \cdot T_m = 1262 \cdot 3417 = 4.31 \times 10^6 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{год}}$$

11.2.4 Определяется себестоимость 1 кВтч электрической энергии (руб/кВтч), отпускаемой с шин 0.4 кВ подстанции 10/0.38 кВ

$$C_{\text{ш}} = \left[3_{\text{с}} + 3_{\text{в}} + \frac{(K \cdot E_{\text{Н}} + И)}{W_{\text{год}}} \right] \cdot k_{\text{инф}}$$

$3_{\text{с}} = 0.024 \frac{\text{руб}}{\text{кВтч}}$ - средние удельные приведенные затраты на производство и распределение энергии в системе

$3_{\text{в}} = 0.033 \frac{\text{руб}}{\text{кВтч}}$ - средние удельные приведенные затраты на передачу и распределение электроэнергии по сетям напряжением 35кВ.

$E_{\text{Н}} = 0.12$ - нормативный коэффициент сравнительной эффективности капиталовложений

$k_{\text{инф}} = 50$ - коэффициент, учитывающий изменение стоимости электрооборудования по сравнению с ценами на 01.01.1991

$$C_{\text{ш}} = \left[3_{\text{с}} + 3_{\text{в}} + \frac{(K \cdot E_{\text{Н}} + И)}{W_{\text{год}}} \right] \cdot k_{\text{инф}} = \left(0.024 + 0.033 + \frac{145.55 \cdot 0.12 + 12995.0}{4310000} \right) \cdot 50 = 3.001 \frac{\text{руб}}{\text{кВтч}}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения курсового проекта на тему «Электроснабжение сельского населённого пункта» по дисциплине «Электроснабжение» по заданному району, включающему шесть населённых пунктов, был произведён расчет линии 10 кВ и линии 0,38 кВ заданного населённого пункта. Он включает расчет электрических нагрузок населенного пункта, определение мощности и выбор трансформаторов, электрический расчет воздушной линии напряжением 10 кВ, построение таблицы отклонений напряжения, электрический расчет воздушной линии напряжением 0,38 кВ, конструктивное выполнение линий напряжением 0,38 кВ, 10 кВ и подстанции 10/0,38 кВ, расчет токов короткого замыкания, выбор оборудования подстанции ТП1, расчет защиты от токов короткого замыкания, согласование защит, технико-экономическую часть, а также спецвопрос.

Курсовое проектирование важная составляющая при получении высшего образования. Оно позволяет закрепить, углубить и обобщить теоретические знания, полученные в процессе изучения технических дисциплин и повысить уровень знаний студентов. Также развиваются навыки самостоятельного решения инженерных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будзко И.А. и др. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов. М.: Колос, 2000. 536 с.
2. Электроснабжение сельского населенного пункта: Метод. указания Э 45/Сост. Н.П.Кочетков. Ижевск: ИжГСХА, 2004. 74 с.