

1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПОДСТАНЦИИ

1.1 Расчет токов короткого замыкания

Проектированию подлежит ПС 35 кВ «Многоудобная», которая получает питание от ПС 110 кВ «Кролевцы». Для выбора электрических аппаратов и проводников достаточно рассчитать максимальные значения сверхпереходного (I_k) и ударного (i_y) токов КЗ на высшем и низшем напряжениях подстанции.

Токи короткого замыкания определяется следующим выражением:

$$I_k = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot x_{\text{ЭКВ}}} \quad (6.1)$$

где $U_{\text{НОМ}}$ – номинальное напряжение сети, кВ;

$x_{\text{ЭКВ}}$ – эквивалентное реактивное сопротивление до точки КЗ, Ом.

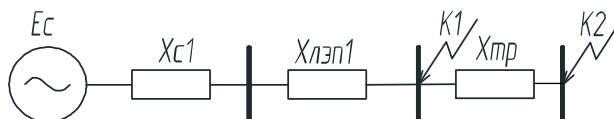


Рисунок 6.1 – Электрическая схема замещения

Сопротивление системы определяется по следующему выражению:

$$x_c = \frac{U_c^2}{S_k}, \text{ Ом} \quad (6.2)$$

где S_k – мощность короткого замыкания, $S_k = 1000 \text{ МВ} \cdot \text{А}$;

U_c – напряжение системы, $U_c = 35 \text{ кВ}$.

Минимальное сопротивление трансформатора определяется по следующей формуле:

$$x_{\text{тр.мин}} = \frac{U_{\text{к.мин}\%} \cdot U_{\text{мин.вн}}^2}{S_{\text{н.тр}}}, \text{ Ом}, \quad (6.3)$$

где $U_{\text{к.мин}\%}$ – напряжение короткого замыкания, ($U_{\text{к.мин}\%} = 9 \%$);

$S_{н.тр}$ – номинальная мощность трансформатора, МВ · А;

$U_{мин.вн}$ – минимальное высшее напряжение трансформатора:

$$U_{мин.вн} = U_{ср.вн} \cdot (1 - \Delta U *_{рпн}), \text{ кВ} \quad (6.4)$$

где $U_{ср.вн}$ – среднее напряжение на стороне ВН, ($U_{ср.вн} = 37$ кВ);

$\Delta U *_{рпн}$ – половина полного диапазона регулирования на стороне ВН трансформатора, ($\Delta U *_{рпн} = 9 \%$).

Ударный ток определяется следующим выражением:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{к} \cdot k_{y}, \text{ кА}, \quad (6.5)$$

где k_y – ударный коэффициент, кА:

$$k_y = 1 + e^{-\frac{0,01}{Ta}}, \text{ кА}, \quad (6.6)$$

где Ta – постоянная затухания, с.

Ток короткого замыкания на низкой ступени напряжения подстанции:

$$I_{к.нн} = I_{к.вн} \cdot \frac{U_{мин.вн}}{U_{ном.нн}}, \text{ кА}; \quad (6.7)$$

Таблица 6.1 – Значения постоянной затухания T_a

Место короткого замыкания	T_a , с
Шины высокого напряжения подстанции с трансформаторами мощностью до 100 МВ·А	0,115
Шины среднего напряжения подстанции с трансформаторами мощностью до 100 МВ·А	0,095
Шины низкого напряжения подстанции с трансформаторами мощностью 25-100 МВ·А	0,065
Шины низкого напряжения подстанции с трансформаторами мощностью до 25 МВ·А	0,045

Пользуясь данными из таблиц Б.5 и 6.1 по формулам (6.1) – (8.7) определим величину сверхпереходного и ударного тока в точке К₁:

$$x_c = \frac{35^2}{1000} = 1,225 \text{ Ом};$$

$$x_{э\kappa\epsilon 1} = 1,225 + 3,05 = 4,272 \text{ Ом};$$

$$I_{\text{к.макс.вн1}}^{(3)} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 4,272} = 4,73 \text{ кА};$$

$$k_{y1} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,115}} = 1,918 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot 1,05 \cdot 1,918 = 12,83 \text{ кА};$$

Аналогичным образом произведем расчеты токов короткого замыкания в точке К₂:

$$U_{\text{мин.вн}} = 37 \cdot (1 - 0,09) = 33,67 \text{ кВ}$$

$$x_{\text{тр.мин}} = \frac{0,09 \cdot 33,67^2}{6,3} = 16,195 \text{ Ом};$$

$$x_{\text{экв2}} = 1,225 + 3,05 + 16,195 = 20,47 \text{ Ом};$$

$$I_{\text{к.макс.вн2}}^{(3)} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 20,47} = 0,987 \text{ кА};$$

$$I_{\text{к.нн2}} = 0,987 \cdot \frac{33,67}{35} = 0,949 \text{ кА};$$

$$k_{y2} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,045}} = 1,801 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд2}} = \sqrt{2} \cdot 0,949 \cdot 1,801 = 2,418 \text{ кА};$$

1.2 Выбор сборных шин и ошиновки

Ошиновка и сборные шины выполняются жесткими алюминиевыми шинами.

Ошиновка и сборные шины выбираются по допустимому длительному току:

$$I_p = \frac{S_{\text{max}\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \text{ А}; \quad (6.8)$$

Выбранные шины необходимо проверить на термическую стойкость.

Минимальное сечение по проверке на термическую стойкость определяется следующим выражением:

$$F_{\text{мин}} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C}, \text{ мм}^2 \quad (6.9)$$

где $C = 91 \text{ кА} \cdot \text{с}^{\frac{1}{2}} / \text{мм}^2$ – коэффициент, учитывающий материал проводника;

$B_{\text{к}}$ – тепловой импульс квадратичного тока, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}^{1/2}$.

Тепловой импульс при удаленном КЗ определяется как:

$$B_{\text{к}} = I_{\text{к}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}), \text{ кА} \cdot \text{с}^{\frac{1}{2}}, \quad (6.10)$$

где $I_{\text{к}}$ – ток короткого замыкания;

$t_{\text{откл}}$ – время отключения короткого замыкания, с:

$$t_{\text{откл}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{пв}} \quad (6.11)$$

где $t_{\text{рз}}$ – максимальное время действия релейной защиты, ($t_{\text{рз}} = 1 \text{ с}$);

$t_{\text{пв}}$ – полное время отключения выключателя, ($t_{\text{пв}} = 0,06 \text{ с}$).

По формулам (6.8) – (6.11) произведем расчеты для выбора ошиновки на низшей стороне подстанции:

$$I_{\text{рвн}} = \frac{8,82}{\sqrt{3} \cdot 6} = 848,7 \text{ А};$$

$$t_{\text{отклвн}} = 1 + 0,06 = 1,06 \text{ с};$$

$$B_{\text{квн}} = 0,949^2 \cdot (1,06 + 0,115) = 1 \text{ кА} \cdot \text{с}^{\frac{1}{2}};$$

$$F_{\text{минвн}} = \frac{\sqrt{1}}{91 \cdot 10^{-3}} = 10,99 \text{ мм}^2;$$

Исходя из расчетов, на низкую сторону принимаем алюминиевые шины сечением 60х6 мм, допустимый ток равен 870 А.

1.3 Выбор выключателей

Условия выбора выключателей приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 Условия выбора выключателя

Расчетные параметры	Условия выбора
$U_{уст}, кВ$	$U_{уст} \leq U_{ном}$
$I_{рфорс}, А$	$I_{рфорс} \leq I_{ном}$
$I_{к}, кА$	$I_{к} \leq I_{дин}$
$i_{у}, кА$	$i_{у} \leq i_{дин}$
$I_{п\tau}, кА$	$I_{п\tau} \leq I_{ноткл}$
$\sqrt{2} \cdot I_{п\tau} + i_{ат}, кА$	$\sqrt{2} \cdot I_{п\tau} + i_{ат} \leq \sqrt{2} \cdot I_{ноткл} \cdot (1 + \beta_{н})$
$B_{к}, кА^2 \cdot с$	$B_{к} \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}$

$U_{ном}$ – номинальное напряжение, кВ;

$I_{ном}$ – номинальный ток, А;

$I_{дин}$ – ток электродинамической стойкости (действующее значение периодической составляющей), кА;

$i_{дин}$ – ток электродинамической стойкости (наибольший пик), кА;

$I_{ноткл}$ – номинальный ток отключения, кА;

$I_{тер}$ – ток термической стойкости, кА;

$t_{тер}$ – время протекания тока термической стойкости, с.

Для стороны высшего напряжения принимаем выключатели типа ВГТ-35-35-50/3150У1(ХЛ1), для стороны низшего напряжения ВРС-6-31,5/630У2.

Паспортные данные выключателей приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Паспортные данные выключателя

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Номинальный ток отключения, кА	Ток электродинамической стойкости (макс.пик), кА	Ток термической стойкости/ время действия, кА/с	Полное время отключения, с
ВРС-6-31,5/630У2	6	630	31,5	80	31,5/3	0,065
ВРС-6-31,5/1000У2	6	1000	31,5	80	31,5/3	0,065
ВГТ-35-35-50/3150У1(ХЛ1)	35	3150	50	127,5	50/3	0,06

Для проверки выключателя необходимо рассчитать ряд следующих параметров:

Периодическую составляющую тока КЗ принимаем как:

$$I_{пт} = I_K, \text{ кА}, \quad (6.12)$$

Апериодическая составляющая тока КЗ определяется по формуле:

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}}, \text{ кА}, \quad (6.13)$$

где τ – момент времени, для которого определяются значения периодической и апериодической составляющей:

$$\tau = t_{рз \text{ мин}} + t_{пв}, \text{ с}, \quad (6.14)$$

где $t_{рз \text{ мин}}$ – минимальное время срабатывания релейной защиты, принимается равным 0,01с.

По формулам (6.12) – (6.14) произведем расчеты, необходимые для проверки вводного и секционного выключателя на стороне ВН:

$$I_{пт} = 4,73 \text{ кА};$$

$$\tau = 0,01 + 0,06 = 0,07 \text{ с};$$

$$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 4,73 \cdot e^{\frac{-0,07}{0,115}} = 3,639 \text{ кА}.$$

$$\sqrt{2} \cdot I_{пт} + i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 4,73 + 3,639 = 10,329 \text{ кА};$$

$$\sqrt{2} \cdot I_{\text{ноткл}} \cdot (1 + \beta_{\text{н}}) = \sqrt{2} \cdot 50 \cdot (1 + 0) = 70,71 \text{ кА};$$

где β_H – номинальная асимметрия, при $\tau < 70$ мс значение β_H следует считать равным нулю.

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 50^2 \cdot 3 = 7500 \text{ кА} \cdot \text{с}^2.$$

Результаты сравнения расчетных и паспортных величины сведены в таблицу 6.4.

Таблица 6.4 – Проверка выключателя.

Расчетные параметры	Параметры по паспортным данным
35, кВ	35 кВ
145,49 А	3150 А
4,73 кА	127,5 кА
12,83 кА	127,5 кА
4,73 кА	50 кА
10,329 кА	70,71 кА
26,288 кА · с ²	7500 кА · с ²

Исходя из данных по таблице 6.4, выбранный выключатель ВГТ-35-35-50/3150У1(ХЛ1) соответствует требованиям, приведенным в таблице 6.2.

Аналогичным образом производится расчеты выбора выключателей на стороне НН, результаты расчетов сведены в таблицу 6.5.

Таблица 6.5 – Выбор выключателей

Назначение	U, кВ	I _p , А	I _{ном} , А	i _y , А	i _{дин} , А	I _{пт} , А	I _{откл} , А	Выключатель
Ввод ТР	35	145,49	3150	12,83	127,5	4,73	50	ВГТ-35-35-50/3150У1(ХЛ1)
Ввод	6	848,7	1000	2,418	80	0,949	31,5	ВРС-6-31,5/1000У2
Секционный	6	848,7	630	2,418	80	0,949	31,5	ВРС-6-31,5/630У2
Ввод ТП	6	50,92	630	2,418	80	0,949	31,5	ВРС-6-31,5/630У2

1.4 Выбор разъединителей

Для 35 кВ предварительно выбираем разъединитель РДЗ.1(2)-35/400 УХЛ1, паспортные данные приведены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Технические характеристики разъединителей

Тип	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Ток электродинамической стойкости (макс.пик), кА	Ток термической стойкости/ время действия, кА/с
РДЗ.1(2)-35/400 УХЛ1	35	400	31,25	12,5/3

Пользуясь данными из таблицы 6.6, произведем проверку выбранного разъединителя:

$$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 12,5^2 \cdot 3 = 468,75 \text{ кА} \cdot \text{с}^2.$$

Результаты проверки разъединителя сведены в таблицу 6.7.

Таблица 6.7 – Проверка выбранного разъединителя

Расчетные параметры	Параметры по паспортным данным	Условия выбора
35 кВ	35 кВ	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$
145,49 А	400 А	$I_{\text{рфорс}} \leq I_{\text{ном}}$
12,83 кА	31,25 кА	$i_y \leq i_{\text{дин}}$
26,288 кА ² · с	468,75 кА ² · с	$B_k \leq I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}}$

Исходя из данных по таблице 6.7 выбранный разъединитель соответствует предъявляемым условиям.

1.5 Выбор ограничителей перенапряжения

Электрооборудование открытых и закрытых РУ защищают от волн атмосферных перенапряжений, набегающих с линии, и от внутренних перенапряжений. Защита от перенапряжений осуществляется установкой вентильных разрядников, которые устанавливаются на сборных шинах открытых и закрытых РУ и у силовых трансформаторов. На стороне высшего напряжения $U_{\text{вн}} = 35$ кВ по табл. 2.211 [14] принимаем ограничитель перенапряжения типа ОПН-РК-35/42.0-10-760 УХЛ1. На стороне низшего напряжения $U_{\text{нн}} = 6$ кВ по табл. 2.211 [14] выбираем ограничитель перенапряжения типа ОПН-6/5,5-7,2-10(Г).

1.6 Выбор схемы питания и трансформаторов собственных нужд

Собственные нужды подстанции являются одним из наиболее ответственных потребителей, так как от надежной работы механизмов собственных нужд зависит нормальное функционирование подстанции.

Принимаем, что проектируемая подстанция с переменным и выпрямленным оперативным током. Выбираем два трансформатора собственных нужд, присоединяемых через предохранители к разным секциям сборных шин на РУ 6 кВ (рисунок 6.2).

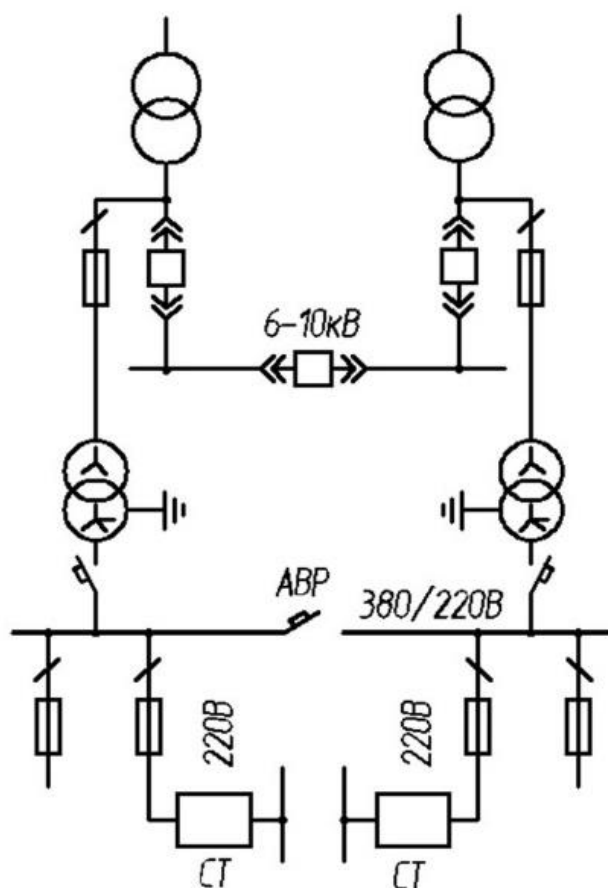


Рисунок – 6.2 Схема подключения ТСН при переменном и выпрямленном оперативном токе

Формула для расчета мощности потребителя собственных нужд, с учетом коэффициента спроса представлена в виде:

$$S_i = \frac{P_i \cdot n \cdot \alpha}{\cos \varphi}, \text{ кВ} \cdot \text{А}, \quad (6.15)$$

где P_i – активная мощность потребителя, кВт.

n – количество потребителей.

α – коэффициент спроса.

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

По формуле (6.15) произведем расчет мощности подогрева выключателей 35 кВ:

$$S_{\text{под.}} = \frac{3,2 \cdot 2 \cdot 1}{1} = 6,4 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Аналогичным образом произведем расчет для остальных потребителей, результаты расчетов нагрузок собственных нужд сведены в таблицу 6.8

Таблица 6.8 – Нагрузки собственных нужд подстанции

Наименование потребителя собственных нужд	P_n , кВт	n кол-во	$\cos \varphi$	K_c	S кВт·А
Подогрев выключателей 35 кВ и приводов	3,2	2	1	1	6,4
Подогрев приводов разъединителей	0,6	23	1	1	13,8
Подогрев ячеек выключателей 6 кВ	1	16	1	1	16
Отопление и освещение помещения дежурного персонала	5,1	-	1	1	5,1
Освещение ОРУ 35 кВ	10	-	1	0,5	5
Аппаратура связи и телемеханики	1	-	1	1	1
Постоянно включенные лампы и измерительные приборы	1	-	1	1	1
Зарядно подзарядный агрегат	21	2	0,86	0,12	5,86
Устройства охлаждения ТР (АТ)	3	2	1	0,85	5,1
Освещение ЗРУ 6 кВ	1,8	-	1	0,7	1,26
Отопление ЗРУ 6 кВ	2	-	1	1	2
Аварийная вентиляция ЗРУ 6 кВ	0,37	-	1	0,12	0,044
$S_{расч.}$					62,564

При двух трансформаторах собственных нужд, работающих в режиме неявного резервирования мощность каждого из них для подстанции, с дежурством, определяется:

$$S_T = \frac{S_{\text{расч}}}{1,3} = \frac{62,564}{1,3} = 48,12 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

Для проектируемой подстанции принимаем два трансформатора ТМ-63/6/0,4.

Выбранные трансформаторы собственных нужд проверяются на допустимую загрузку при производстве ремонтных работ:

$$S_T \geq \frac{S_{\text{расч}} + S_{\text{рем}}}{n \cdot k}, \text{ кВ} \cdot \text{А} \quad (6.16)$$

где $S_{\text{рем}}$ – мощность ремонтной нагрузки, кВ·А. (Значение мощности ремонтной нагрузки, без учета нагрузки на сушку силовых трансформаторов методом постоянного тока, принимаем равной 25 кВ·А).

n – количество трансформаторов.

k – коэффициент перегрузки, ($k = 1,2$).

По формуле (6.16) выполним проверку трансформаторов собственных нужд:

$$S_T \geq \frac{62,564 + 25}{2 \cdot 1,2} \geq 36,485$$
$$63 \geq 36,485$$

Выбранные трансформаторы соответствуют требованиям.

1.7 Учет электроэнергии и измерения на подстанции

Система измерений должна обеспечивать контроль необходимых электрических параметров. Измерительные приборы устанавливаются в пунктах, откуда производится управление аппаратами главной цепи.

Для подстанции должны быть установлены следующие приборы:

с низкой стороны трансформатора – амперметр, ваттметр, варметр, счетчик активной энергии;

на сборных шинах 6 - 10 кВ на каждой секции или системе шин – вольтметр для измерения междуфазного напряжения и вольтметр с переключением для измерения трех междуфазных напряжений;

на секционный шинный или обходной выключатель - вольтметр с переключением для измерения трех междуфазных напряжений, амперметр;

на трансформатор собственных нужд с высокой стороны – амперметр;

на трансформатор собственных нужд с низкой стороны – амперметр, счетчик активной энергии.

Мощности и количество измерительных приборов приведены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 - Измерительные приборы

Прибор	Кол-во	Тип	К _т	Потребляемая мощность обмотки тока Вт	Потребляемая мощность обмотки напряжения Вт	cos φ	Кс			
							P, Вт (1ед)	Q, Вар (1ед)	S, В·А (1ед)	S·n, В·А
Амперметр	18	ЦЗЗ-М1	1,5	1			1		1,0	18
Вольтметр	2	ЦЗЗ-М1	1,5		1	0,38	0	2,4	2,4	4,8
Счетчик, измеряющий активную, реактивную энергию и мощность	12	СЭТ-4ТМ	0,5S	0,1	1		0,1	1	1,005	12,06
Потребляемая мощность приборов, В·А (для выбора ТН), S _{ΣΣ}										34,86

1.7.1 Выбор трансформаторов тока на стороне ВН

Выбор ТТ производится по номинальному напряжению, току первичной цепи, вторичной нагрузке при выбранном классе точности, динамической и термической стойкости.

На основе данных, полученных по таблице 6.5, принимаем ТТ типа ТВ-35-I 200/5.

Результаты проверки сведены в таблицу 6.10.

Таблица 6.10 – Проверка ТТ на стороне ВН

Расчетные данные	Условие	Паспортные данные ТТ
Проверка по напряжению		
$U_c = 35 \text{ кВ}$	\leq	$U_{\text{ном}} = 35 \text{ кВ}$
Проверка по длительному току		
$I_p = 145,49 \text{ А}$	$<$	$I_{\text{ном}} = 200 \text{ А}$
Проверка на электродинамическую стойкость		
$i_y = 12,83 \text{ кА}$	$<$	$i_{\text{дин}} = 15 \text{ кА}$
Проверка на термическую стойкость		
$B_k = 26,288 \text{ кА} \cdot \text{с}^2$	$<$	$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 10^2 \cdot 4 = 400 \text{ кА} \cdot \text{с}^2$

1.7.2 Выбор трансформаторов тока на стороне НН

Трансформаторы тока на стороне низшего напряжения выбираются аналогично, как и для стороны высшего напряжения.

Для проверки ТТ НН необходимо определить сопротивление вторичной нагрузки:

$$Z_2 = Z_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{конт}}, \text{ Ом}, \quad (6.17)$$

где $Z_{\text{приб}}$ – сопротивление приборов, Ом;

$R_{\text{пров}}$ – сопротивление проводов, Ом;

$R_{\text{конт}}$ – сопротивление контактов, ($R_{\text{конт}} = 0,1 \text{ Ом}$);

Примечание: индуктивным сопротивлением можно пренебречь так как его значение невелико.

Сопротивление приборов определяется следующим выражением:

$$Z_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_{2н}^2}, \text{ Ом}, \quad (6.18)$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность приборов, В · А;

$I_{2н}$ – номинальный вторичный ток ТТ, А.

Сопротивление проводов определяется следующим выражением:

$$R_{\text{пров}} = \rho \cdot \frac{L_{\text{расч}}}{F}, \text{ Ом}, \quad (6.19)$$

где ρ – удельное сопротивление проводника, (для алюминия $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2$);

F – сечение проводника, ($F = 6 \text{ мм}^2$).

$L_{\text{расч}}$ – расчетная длина провода, м, определяется следующим выражением:

$$L_{\text{расч}} = \sqrt{3} \cdot L, \text{ Ом}, \quad (6.20)$$

где L – расстояние от ТТ до приборов, ($L = 30 \text{ м}$).

На основе данных, полученных по таблице 6.5, и по формулам (6.17) – (6.20) выберем и проверим трансформатор тока в ячейку к ТП:

$$Z_{\text{приб}} = \frac{2,005}{5^2} = 0,08 \text{ Ом};$$

$$L_{\text{расч}} = \sqrt{3} \cdot 30 = 51,962 \text{ м};$$

$$R_{\text{пров}} = 0,0175 \cdot \frac{51,962}{6} = 0,152 \text{ Ом};$$

$$Z_2 = 0,08 + 0,152 + 0,1 = 0,332 \text{ Ом};$$

К установке принимаем ТТ типа ТПОЛ-10-5-У2, результаты проверки сведены в таблицу 6.11.

Таблица 6.11 – Проверка ТТ в ячейку к ТП

Расчетные данные	Условие	Паспортные данные ТТ
Проверка по напряжению		
$U_c = 6 \text{ кВ}$	\leq	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
Проверка по длительному току		
$I_p = 50,92 \text{ А}$	$<$	$I_{\text{ном}} = 75 \text{ А}$
Проверка на электродинамическую стойкость		
$i_y = 2,418 \text{ кА}$	$<$	$i_{\text{дин}} = 10,79 \text{ кА}$
Проверка на термическую стойкость		
$B_k = 1 \text{ кА} \cdot \text{с}^2$	$<$	$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 4,5^2 \cdot 3 = 60,75 \text{ кА} \cdot \text{с}^2$
Проверка по вторичной нагрузке		
$Z_2 = 0,332 \text{ Ом}$	$<$	$Z_n = 10 \text{ Ом}$

Аналогичным способом произведем выбор трансформаторов тока для ячейки вводов. К установке принимаем ТТ типа ТПОЛ-10-5-У2, результаты проверки сведены в таблицу 6.12.

Таблица 6.12 – Проверка ТТ в ячейку вводов

Расчетные данные	Условие	Паспортные данные ТТ
Проверка по напряжению		
$U_c = 6 \text{ кВ}$	\leq	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
Проверка по длительному току		
$I_p = 848,7 \text{ А}$	$<$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$
Проверка на электродинамическую стойкость		
$i_y = 0,571 \text{ кА}$	$<$	$i_{\text{дин}} = 98,87 \text{ кА}$
Проверка на термическую стойкость		
$B_k = 1 \text{ кА} \cdot \text{с}^2$	$<$	$I_{\text{тер}}^2 \cdot t_{\text{тер}} = 13,5^2 \cdot 3 = 546,75 \text{ кА} \cdot \text{с}^2$
Проверка по вторичной нагрузке		
$Z_2 = 0,301 \text{ Ом}$	$<$	$Z_n = 10 \text{ Ом}$

1.7.3 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираются по напряжению, конструкции, классу точности и вторичной нагрузке.

Для стороны ВН принимаем к установке трансформаторы напряжения типа НАМИ-35 УХЛ1.

Для стороны НН принимаем к установке трансформаторы напряжения типа НАМИ-6 УХЛ2.

На основе данных, полученных по таблице 6.9, выполним проверку трансформаторов напряжения, результаты проверки сведены в таблицу 6.13.

Таблица 6.13 – Проверка ТН

Расчетные данные	Условие	Паспортные данные ТТ
Проверка по напряжению		
$U_c = 35 \text{ кВ}$	\leq	$U_{\text{НОМ}} = 35 \text{ кВ}$
$U_c = 6 \text{ кВ}$	\leq	$U_{\text{НОМ}} = 6 \text{ кВ}$
Проверка по вторичной нагрузке		
$S_{2\Sigma} = 34,86 \text{ В} \cdot \text{А}$	$<$	$S_{2\Sigma} = 300 \text{ В} \cdot \text{А}$

1.8 Выбор предохранителей

Предохранители в цепи трансформаторов выбираются по напряжению установки, номинальному току плавкой вставки и отключающей способности.

Ток плавкой вставки определяется следующим выражением:

$$I_{\text{вст}} = I_p \cdot k_{\text{н.ср}}, \text{ А}, \quad (6.21)$$

где $k_{\text{н.ср}}$ – коэффициент надежности срабатывания предохранителя, $k_{\text{н.ср}} = 1,5$.

По формулам (6.8), (6.21) определим ток плавкой вставки предохранителя ТСН:

$$I_{pTCH} = \frac{63}{\sqrt{3} \cdot 10} = 3,64 \text{ A};$$

$$I_{встTCH} = 3,64 \cdot 1,5 = 5,46 \text{ A}.$$

К установке принимаем предохранитель ПКТ101-6-20-40 У1.

Аналогичным образом выполняется выбор предохранителя ТН, результаты расчетов сведены в таблицу 6.14.

Таблица 6.14 – Выбор предохранителей

Назначение	U , кВ	$I_{вст}$, А	$I_{ном}$, А	I_k , кА	$I_{откл}$, кА	Предохранитель
ТСН	10	5,46	20	0,224	40	ПКТ101-10-20-40 У1
ТН	10	17,32	20	0,224	40	ПКТ101-10-20-40 У1

