

1. Расчет числа и мощности трансформаторов на подстанции.

- 1.1. Определяем потребляемую мощность города, населением n тыс. жителей, питающегося с шин ВН.

$$S_{\text{гор.}} = \frac{0,11 \cdot n \cdot K_{\text{спр}}}{\cos \phi}; [\text{МВА}]$$

где 0,11 – кВт/час, потребляет 1000 жителей

$$K_{\text{спр}} = 1$$

$$\cos \phi = 1$$

n – количество жителей.

- 1.2. Определяем потребляемую мощность комбината/фабрики/завода с $P_{\text{уст.}} = \text{---}$ МВт, питающегося с шин ВН кВ.

$$S_{\text{зав}} = \frac{P_{\text{уст.}} \cdot K_{\text{спр}}}{\cos \phi}; [\text{МВА}]$$

где $P_{\text{уст.}}$, $K_{\text{спр}}$, $\cos \phi$ – берется из задания курсового проекта.

- 1.3. Определяем суммарную мощность, потребляемую с шин ВН кВ.

$$\sum S_{\text{ВН}} = S_{\text{гор.}} + S_{\text{зав.}}; [\text{МВА}]$$

- 1.4. Определяем потребляемую мощность города, населением n тыс. жителей, питающегося с шин СН.

$$S_{\text{гор.}} = \frac{0,11 \cdot n \cdot K_{\text{спр}}}{\cos \phi}; [\text{МВА}]$$

где 0,11 – кВт/час, потребляет 1000 жителей

$$K_{\text{спр}} = 1$$

$$\cos \phi = 1$$

n – количество жителей.

- 1.5. Определяем потребляемую мощность комбината/фабрики/завода с $P_{\text{уст.}} = \text{---}$ МВт, питающегося с шин СН кВ.

$$S_{\text{зав}} = \frac{P_{\text{уст}} \cdot K_{\text{спр}}}{\cos \varphi}; [\text{MBA}]$$

где $P_{\text{уст}}$, $K_{\text{спр}}$, $\cos \varphi$ – берется из задания курсового проекта.

- 1.6. Определяем суммарную мощность, потребляемую с шин СН кВ.

$$\sum S_{\text{СН}} = S_{\text{гор}} + S_{\text{зав}}; [\text{MBA}]$$

- 1.7. Определяем потребляемую мощность города, населением n тыс. жителей, питающегося с шин НН.

$$S_{\text{гор.}} = \frac{0,11 \cdot n \cdot K_{\text{спр}}}{\cos \varphi}; [\text{MBA}]$$

где 0,11 – квт/час, потребляет 1000 жителей

$$K_{\text{спр}} = 1$$

$$\cos \varphi = 1$$

n – количество жителей.

- 1.8. Определяем потребляемую мощность комбината/фабрики/завода с $P_{\text{уст.}} = \underline{\hspace{2cm}}$ МВт, питающегося с шин НН кВ.

$$S_{\text{зав}} = \frac{P_{\text{уст}} \cdot K_{\text{спр}}}{\cos \varphi}; [\text{MBA}]$$

где $P_{\text{уст}}$, $K_{\text{спр}}$, $\cos \varphi$ – берется из задания курсового проекта.

- 1.9. Определяем суммарную мощность, потребляемую с шин НН кВ.

$$\sum S_{\text{НН}} = S_{\text{гор}} + S_{\text{зав}}; [\text{MBA}]$$

- 1.10. Определяем суммарную мощность подстанции.

$$S = \sum S_{\text{СН}} + \sum S_{\text{НН}}; [\text{MBA}]$$

2. *трансформаторов* Выбор двух вариантов структурных схем.

При установке на подстанции двух трансформаторов:

$$S_{\text{ном.тр.}} \geq 0,7 \cdot S_{\text{max}}; [\text{MBA}]$$

где S_{\max} – суммарная мощность подстанции.

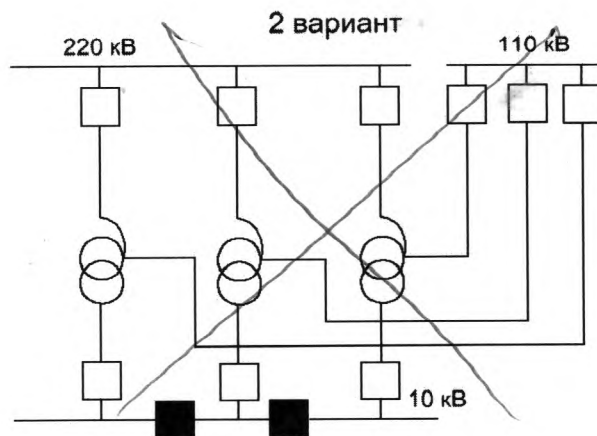
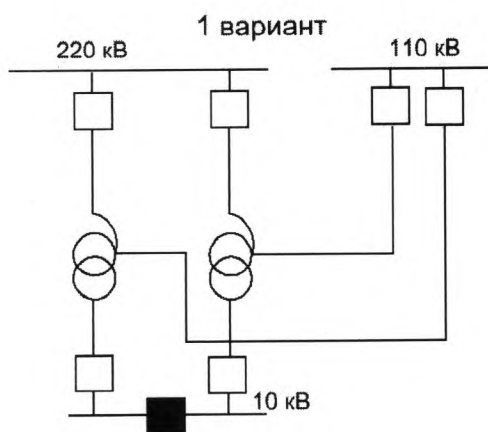
При установке на подстанции трех трансформаторов:

$$S_{\text{ном.тр.}} \geq \frac{0,7 \cdot S_{\max}}{2}; [\text{MBA}]$$

где S_{\max} – суммарная мощность подстанции.

Таблица 1 – Выбор трансформаторов

Тип трансформатора	Номинальное напряжение, кВ			Потери, кВт		$u_{\text{кз}}, \%$		
	ВН	СН	НН	ΔP_{xx}	$\Delta P_{\text{кз}}$	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН
1.								
2.								



не показываем ТЭС.
3. Техничо - экономическое сравнение структурных схем.

Экономическая целесообразность схемы определяется минимальными приведенными затратами:

$$Z = P_n \cdot K + И$$

K – капиталовложения на сооружение электроустановки, тыс. руб.

P_n – нормативный коэффициент экономической эффективности.

$P_n = 0,15$

И – годовые эксплуатационные издержки

При выборе оптимальных схем выдачи электроэнергии определяют по укрупненным показателям стоимости элементов схемы.

Вторая составляющая расчетных затрат – годовые эксплуатационные издержки, которые определяются по формуле:

$$И = \frac{P_a + P_0}{100} \cdot K + \beta \cdot \Delta W \cdot 10^{-5}$$

K – капиталовложение на сооружение подстанции.

P_a – отчисления на амортизацию, %

$P_a = 4,8\%$

P_0 – отчисления на обслуживание, %

$P_0 = 5,2\%$

ΔW – потери электроэнергии

β – стоимость электроэнергии 1 кВт/ч.

$\beta = 2,5$ руб.

Таблица 2– Капитальные затраты на строительство подстанций

ВАРИАНТ № 1					ВАРИАНТ № 2				
№ п/п	Оборудование	Кол-во	Стоимость единицы, тыс. руб	Общая стоимость, тыс. руб	№ п/п	Оборудование	Кол-во	Стоимость единицы, тыс. руб	Общая стоимость, тыс. руб
1	Трансформатор 1	2			1	Трансформатор 2	3		
					2	Выключатель ВН	1		
					3	Выключатель СН	1		
					4	Выключатель НН	2		
ИТОГО:					ИТОГО:				

$K_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ [тыс.руб.]

$K_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ [тыс.руб.].

K_1 – общие капитальные затраты на строительство первого варианта

K_2 – общие капитальные затраты на строительство второго варианта

Определение эксплуатационных расходов. Определение издержек на потери электрической энергии.

$$\Delta W = P_{xx} \cdot T + P_{к.з.в} \cdot \left(\frac{S_{maxв}}{S_{НОМ}} \right)^2 \cdot \tau_{в} + P_{к.з.с} \cdot \left(\frac{S_{maxс}}{S_{НОМ}} \right)^2 \cdot \tau_{с} + P_{к.з.н} \cdot \left(\frac{S_{maxн}}{S_{НОМ}} \right)^2 \cdot \tau_{н}$$

τ – время максимальных потерь

$$\tau_{в} = \tau_{с} = \tau_{н} = 6300$$

~~$$P_{к.з.в} = P_{к.з.с} = P_{к.з.н} = 0,5 \cdot \Delta P_{кз} \text{ (см. 1 табл.)}$$

$$S_{maxн} = \frac{S_{гор} + S_{зав}}{2} \text{ [MBA]}$$

$$S_{maxс} = \frac{S_{гор} + S_{зав}}{2} \text{ [MBA]}$$

$$S_{maxв} = S_{maxс} + S_{maxн} \text{ [MBA]}$$

Рассчитать по формуле
 ΔW_1 [кВт · ч]
 I_1 [тыс. руб]
 Z_1 [тыс. руб/год]~~

$$P_{к.з.в} = P_{к.з.с} = P_{к.з.н} = 0,5 \cdot \Delta P_{кз} \text{ (см. 1 табл.)}$$

$$S_{maxн} = \frac{S_{гор} + S_{зав}}{3} \text{ [MBA]}$$

$$S_{maxс} = \frac{S_{гор} + S_{зав}}{3} \text{ [MBA]}$$

$$S_{maxв} = S_{maxс} + S_{maxн} \text{ [MBA]}$$

Рассчитать по формуле
 ΔW_2 [кВт · ч]
 I_2 [тыс. руб]
 Z_2 [тыс. руб/год]

Вывод: При равноценности вариантов по техническим требованиям подстанция первого/второго варианта дешевле на ____ тыс. руб. Окончательно принимаем проект первого/второго варианта.

4. Определение количества ЛЭП к потребителям.

Определение количества линий электропередач к потребителям, питающихся с шин ВН кВ.

$$S_{проп} = \text{____} \text{ [MBA]}$$

$$n = \frac{S_{вн}}{S_{проп}} \approx _ + 1рез. = _ ЛЭП$$

Определение количества линий электропередач к потребителям, питающихся с шин СН кВ.

$$n = \frac{S_{сн}}{S_{проп}} \approx _ + 1рез. = _ ЛЭП$$

$$S_{проп} = _ [МВА]$$

Определение количества линий электропередач к потребителям, питающихся с шин НН кВ.

$$n = \frac{S_{нн}}{S_{проп}} \approx _ ЛЭП$$

$$S_{проп} = _ [МВА]$$

5. Выбор трансформаторов собственных нужд. Схема собственных нужд.

Таблица 3 – Нагрузка собственных нужд подстанции

Вид потребителя	Установленная мощность		Cosφ	Нагрузка	
	Единицы, кВт х количество	Всего, кВт		$P_{уст}$, кВт	$Q_{уст}$, кВАр
Охлаждение трансформатора					
Подогрев выключателя ВН					
Подогрев выключателя СН					
Подогрев выключателя НН					
Освещение ОРУ-ВН кВ					
Освещение ОРУ-СН кВ					
Освещение ЗРУ-НН кВ					
ИТОГО:					

$$S_{расч} = k_c \cdot \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2} \text{ [кВА]}$$

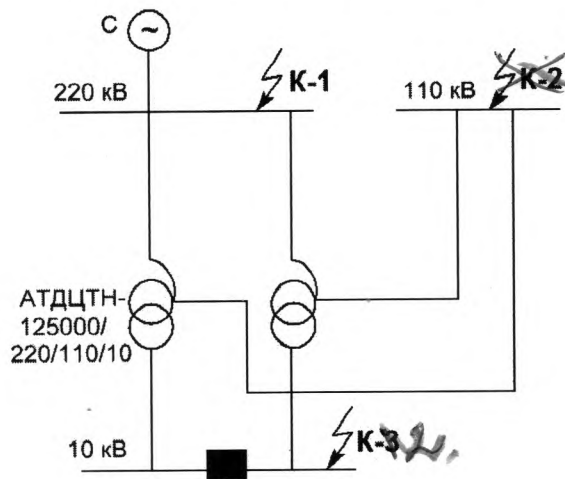
Принимаем 2 трансформатора типа _____. При отключении одного трансформатора второй будет загружен на

Таблица 4

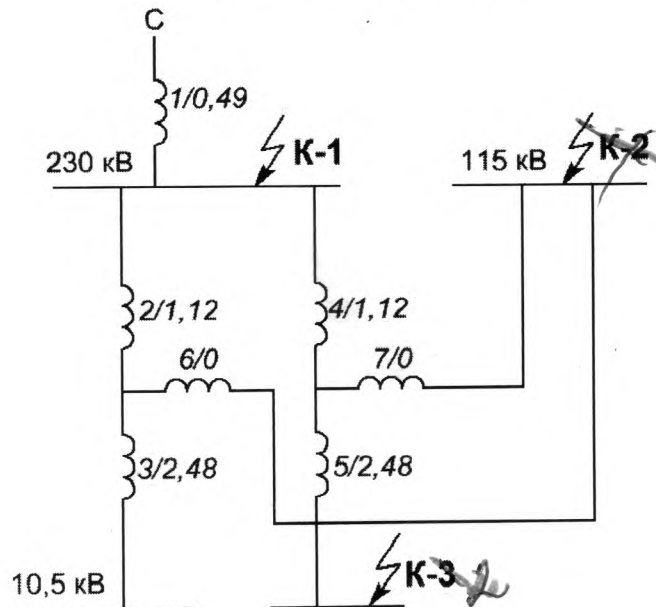
Тип трансформатора	Мощность, кВА	Номинальное напряжение		Потери, кВт		$u_{кз}, \%$	$I_0, \%$	Цена, тыс.руб
		ВН	НН	ΔP_{xx}	$\Delta P_{кз}$			
1.								

6. Расчет токов короткого замыкания. (пример)

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА



ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ
РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЙ



X_c [Ом] из задания

$S_6 = 1000$

U_6

$$X_1 = X_c \cdot \frac{S_6}{U_6^2}$$

$$X_2 = X_4 = \frac{0,5}{100} \cdot (U_{\text{кз.ВН}}, \% + U_{\text{кз.ВС}}, \% - U_{\text{кз.СН}}, \%) \cdot \frac{S_6}{S_{\text{НОМ}}}$$

$$X_6 = X_7 = 0$$

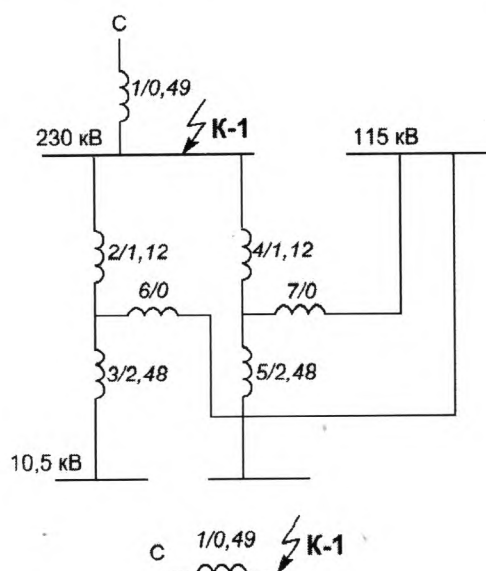
$$X_3 = X_5 = \frac{0,5}{100} \cdot (U_{\text{кз.ВН}}, \% + U_{\text{кз.СН}}, \% - U_{\text{кз.ВС}}, \%) \cdot \frac{S_6}{S_{\text{НОМ}}}$$

$U_{\text{кз.ВН}}, \%$ из таблицы

$U_{\text{кз.ВС}}, \%$ из таблицы

$U_{\text{кз.СН}}, \%$ из таблицы

Расчет токов короткого замыкания точки К-1.



Определение периодической составляющей тока к.з. в начальный момент времени:

$$I_{\pi 0} = \frac{E_*''}{X_1} \cdot I_6 \quad [\text{kA}]$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad [\text{kA}]$$

$$S_6 = 1000$$

$$U_6 = 230$$

$$E_* = 1$$

Определение ударного тока.

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot K_{y\delta} \cdot \sum I_{\pi 0} \quad [\text{kA}]$$

$K_{y\delta}$ Л-2 стр

150

Определение аperiodической составляющей тока к.з.

$$I_{ат} = \sqrt{2} \cdot \sum I_{\pi 0} \cdot j_{ат} \text{ [кА]}$$

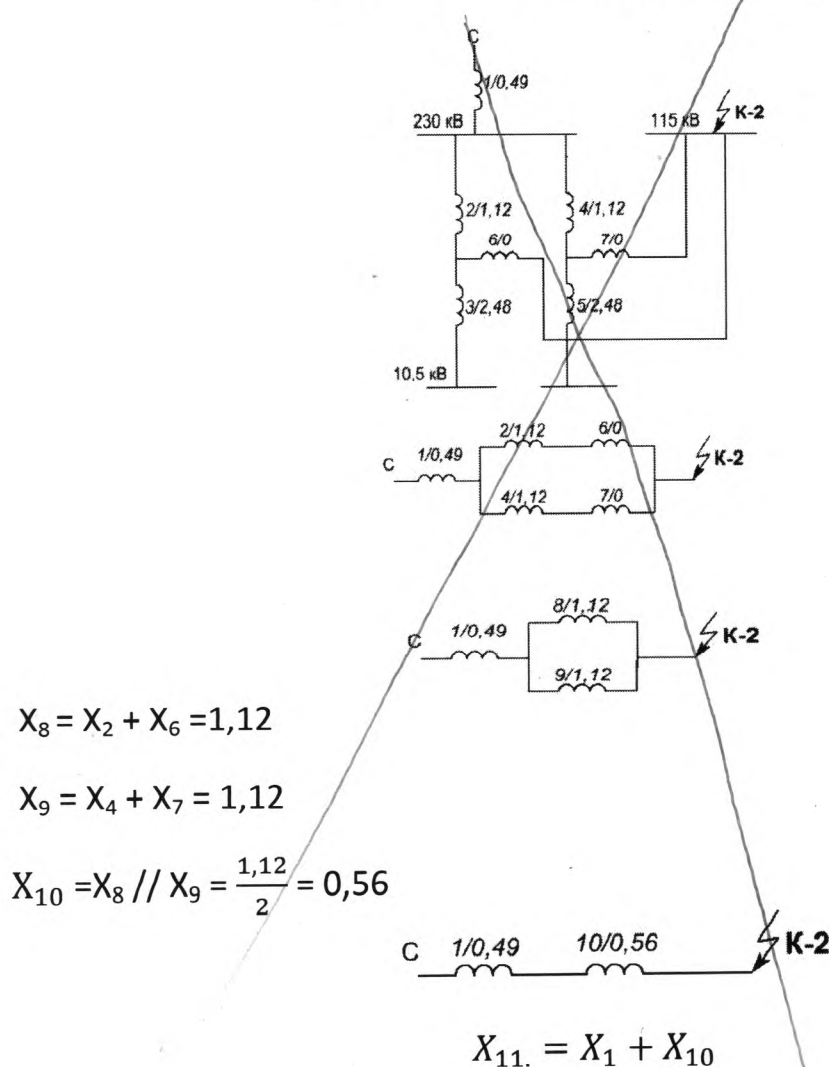
Определение периодической составляющей тока в любой момент времени.

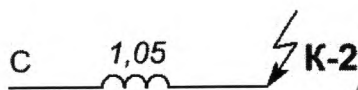
$$I'_{ном} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_6} \text{ [кА]}$$

если $\frac{I_{\pi 0}}{I'_{ном}} \leq 1$, то

$$I_{пт} = I_{\pi 0} \text{ [кА]}$$

Расчет сопротивлений точки К-2.





Расчет токов короткого замыкания точки К-2.

Определение периодической составляющей тока к.з. в начальный момент времени.

$$I_{\pi 0} = \frac{E_*''}{X_{11}} \cdot I_6 \text{ [кА]}$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} \text{ [кА]}$$

Определение ударного тока.

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot \sum I_{\pi 0} \text{ [кА]}$$

Определение апериодической составляющей тока к.з.

$$I_{ат} = \sqrt{2} \cdot \sum I_{\pi 0} \cdot j_{ат} \text{ [кА]}$$

Определение периодической составляющей тока в любой момент времени

$$I'_{ном} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_6} \text{ [кА]}$$

если $\frac{I_{\pi 0}}{I'_{ном}} \leq 1$, то

$$I_{пт} = I_{\pi 0} \text{ [кА]}$$

$$S_6 = 1000$$

$$U_6 = 115$$

$$E_* = 1$$

$$K_{уд} \text{ Л-2 стр 150}$$

выключатель

СН

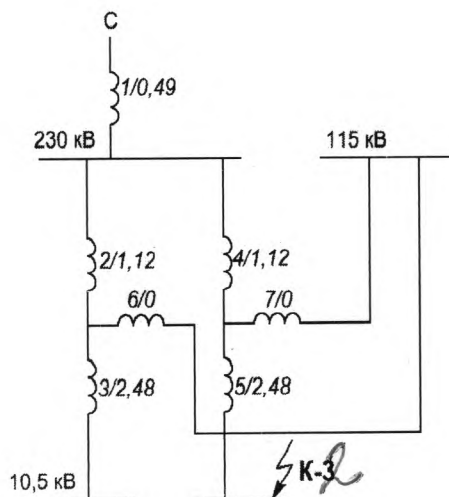
$$t_{св} \text{ [с]} \text{ Л-1 стр.}$$

$$t_{р.з.} \text{ [с]} 0,01 \text{ сек}$$

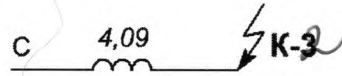
$$t_{св} + t_{р.з.} = t_{отк}$$

S_H из задания

Расчет сопротивлений точки К-3



$$X_8 = X_1 + X_4 + X_5$$



Расчет токов короткого замыкания точки K-3.

Определение периодической составляющей тока к.з. в начальный момент времени.

$$I_{\pi 0} = \frac{E_*''}{X_{б.рез.}} \cdot I_6 \quad [\text{кА}]$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad [\text{А}]$$

$$S_6 = 1000$$

$$U_6 = 10,5$$

$$E_* = 1$$

Определение ударного тока.

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot \sum I_{\pi 0} \quad [\text{кА}]$$

$K_{уд}$ Л-2

стр.150

Определение аperiodической составляющей тока к.з

$$I_{ат} = \sqrt{2} \cdot \sum I_{\pi 0} \cdot j_{ат} \quad [\text{кА}]$$

ВВ-10

$t_{св}$ [с] Л-1 стр.

$t_{р.з.}$ [с] 0,01 сек

$t_{св} + t_{р.з.} = t_{отк}$

S_H из задания

Определение периодической составляющей тока в любой момент времени

$$I'_{ном} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_6} \quad [\text{кА}]$$

если $\frac{I_{\pi 0}}{I'_{ном}} \leq 1$, то

$$I_{\pi \tau} = I_{\pi 0} \quad [\text{кА}]$$

Таблица 5

Точка к.з.	$U_{уст}$, кВ	U_6 , кВ	$I_{\pi 0}$, кА	$i_{уд}$, кА	$I_{ат}$, кА	$I_{\pi \tau}$, кА
К-1						

К-2						
К-3						

6.1 Составление таблицы для выбора токоведущих частей и электрических аппаратов.

Точка К-1

$$I_{\text{ном.рас.}} = \frac{S_{\text{ном тр.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \quad [\text{A}]$$

$$\beta_{\text{к.рас.}} = I_{\pi 0}^2 \cdot (t_{\text{отк}} + T_a) \quad [\text{кА}^2 \cdot \text{с}]$$

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{\beta_{\text{к.рас.}} \cdot 10^6}}{C} \quad [\text{мм}^2]$$

Выключатель

ВН

T_a [с] Л-2 стр.150

$C = 91$

Точка К-2

$$I_{\text{ном.рас.}} = \frac{S_{\text{ном.нагр.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \quad [\text{A}]$$

$$\beta_{\text{к.рас.}} = I_{\pi 0}^2 \cdot (t_{\text{отк}} + T_a) \quad [\text{кА}^2 \cdot \text{с}]$$

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{\beta_{\text{к.рас.}} \cdot 10^3}}{C} \quad [\text{мм}^2]$$

Выключатель СН

T_a [с] Л-2 стр.150

$C = 91$

Точка К-3

$$I_{\text{ном.рас.}} = \frac{S_{\text{ном.нагр.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \quad [\text{A}]$$

$$\beta_{\text{к.рас.}} = I_{\pi 0}^2 \cdot (t_{\text{отк}} + T_a) \quad [\text{кА}^2 \cdot \text{с}]$$

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{\beta_{\text{к.рас.}} \cdot 10^3}}{C} \quad [\text{мм}^2]$$

Выключатель

НН

T_a [с]

$t_{\text{отк}}$ [с]

$C \left[\frac{\text{А} \cdot \text{с}^{1/2}}{\text{мм}^2} \right]$

Таблица 6

Точка	$U_{\text{уст}}$	U_6	$I_{\pi 0}$	$i_{\text{уд}}$	$I_{\text{ат}}$	$I_{\text{пт}}$	$I_{\text{ном.рас.}}$	$\beta_{\text{к.рас.}}$	q_{min}
-------	------------------	-------	-------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------------	-------------------------	------------------

к.з.	кВ	кВ	кА	кА	кА	кА	А	кА²·с	мм²
К-1									
К-2									
К-3									