

в каталог с вариантами

Содержание

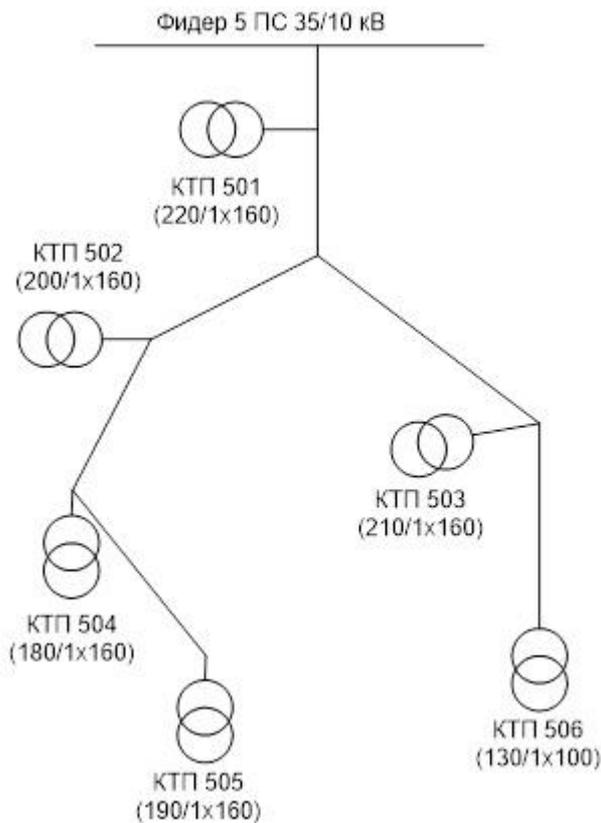
<i>1. Исходные данные</i>	<i>3</i>
<i>2. Защита трансформатора КТП</i>	<i>4</i>
<i>3. Защита отходящих от КТП линий 0,38 кВ</i>	<i>6</i>
<i>4. Защита ВЛ 10 кВ</i>	<i>9</i>
<i>5. Согласование защит</i>	<i>12</i>

1. Исходные данные

Номер расчетной КТП - 506

Схема фидера ПС 35/10 кВ

Расчетная нагрузка, кВА	Номинальная мощность трансформатора, кВА
130	100



Исходные параметры ВЛ 10 кВ

Таблица 1

№ фидера	Головной участок ВЛ 10 кВ		Двухфазный ток КЗ ВЛ 10 кВ, кА	
	Расчетный ток, А	Трехфазный ток КЗ на шинах 10 кВ, кА	В месте подключения КТП №5	В месте подключения КТП №6
5	49	19,25	0,615	0,71

Исходные параметры КТП и ВЛ 0,38 кВ

Таблица 2

Номер КТП	Трехфазный ТКЗ на шинах 10 кВ КТП, кА	Трехфазный ТКЗ на шинах 0,38 кВ КТП, кА	Расчетный ток нагрузки тр-ра КТП, А	Ток нагрузки ВЛ 0,38 кВ, А	ТКЗ в конце ВЛ 0,38 кВ, А	
					Трехфазный	Однофазный
506	0,82	16,8	7,5	75,1	531,8	262,7

2. Защита трансформатора КТП

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

2.1 Выбираем корпус предохранителя по следующим условиям:

$$U_{ном} = U_{ном.уст} \quad (2.1)$$

$$I_{ном} \geq I_{раб.макс} \quad (2.2)$$

$$I_{макс.откл} \geq I''_{Ki} \quad (2.3)$$

где I''_{Ki} - сверхпереходный ток трехфазного КЗ на шинах 10 кВ i -той КТП, кА; для сельских сетей апериодическая составляющая тока КЗ не учитывается, поэтому можно принять:

$$I''_{Ki} = I_{кз.10''} = 820 \quad \text{А} \quad - \text{ток трехфазного КЗ на шинах 10 кВ рассчитываемой КТП}$$

Рабочий максимальный ток равен расчетному току нагрузки трансформатора

$$I_{раб.макс} = I_{расч.тр} = 7.5 \quad \text{А} \quad (2.4)$$

$$I_{раб.макс} = \frac{S_p \times 10^3}{10 \times 10^3 \times \sqrt{3}} = \frac{130 \times 10^3}{10 \times 10^3 \times \sqrt{3}} = 7.506 \quad \text{А} \quad (2.5)$$

Номинальное напряжение уставки предохранителя должно быть равно номинальному напряжению 10кВ

2.2 Ток плавкой вставки предохранителя выбираем по двум условиям:

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

$$I_{В} \geq k_H \times I_{раб.макс} \quad (2.6)$$

где $k_H = 1.25$ - коэффициент надежности

$$I_{В} = k_H \times I_{раб.макс} = 1.25 \times 7.506 = 9.38 \quad \text{А}$$

2) отстройке от бросков тока намагничивания трансформатора при его включении под напряжение:

$$I_{В} = 2 \times I_{тр.ном} \quad (2.7)$$

где номинальный ток трансформатора определится по формуле

$$I_{тр.ном} = \frac{S_{тр} \times 10^3}{10 \times 10^3 \times \sqrt{3}} = \frac{100 \times 10^3}{10 \times 10^3 \times \sqrt{3}} = 5.774 \quad \text{А} \quad (2.8)$$

$$\text{тогда } I_{В} = 2 \times I_{тр.ном} = 2 \times 5.774 = 11.55 \quad \text{А}$$

2.3 Больше из двух значений принимаем за расчетное значение тока плавкой вставки, а затем округляем до стандартного.

Выбираем номинальный ток плавкой вставки

$$I_{Вном} = 16 \quad А$$

Выбираем типоразмер предохранителя ПКТ101-10

Таблица 3

Типоразмер	U _{ном} , кВ	U _{раб.макс} , кВ	I _{ном} , А	I _{ном.откл} , кА
ПКТ101-10-16-20 У1	10	12	16	20

2.4 Время термического действия тока КЗ на трансформатор не должно превышать 5 секунд, оно определяется по формуле

$$t_{Т.У} = \frac{1500}{I_{к3.0.4'}^2} \times I_{тр.ном}^2 \quad (2.9)$$

где номинальный ток трансформатора на стороне НН можно определить по таблице Б2 Приложения Б или по формуле

$$I_{тр.ном} = \frac{S_{тр} \times 10^3}{0.4 \times 10^3 \times \sqrt{3}} = \frac{100 \times 10^3}{0.4 \times 10^3 \times \sqrt{3}} = 144.3 \quad А \quad (2.10)$$

тогда

$$t_{Т.У} = \frac{1500}{I_{к3.0.4'}^2} \times I_{тр.ном}^2 = \frac{1500}{16800.0^2} \times 144.3^2 = 0.1107 \quad с \quad \text{что меньше } 5с \quad (2.11)$$

Ток, проходящий через обмотку ВН трансформатора при КЗ на шинах НН примерно равен

$$I' = \frac{I_{к3.0.4'} \times 0.4}{10} = 672 \quad А \quad (2.12)$$

Как видно из рисунка Д4 для данного значения тока подходят все типы плавких вставок предохранителя ПКТ 101-10.

Время срабатывания которых будет - $t_B = 0.01 \quad с$ при $t_{Т.У} = 0.111 \quad с$

Термическая устойчивость трансформатора выполняется

$$\boxed{t_B < t_{Т.У}} \quad (2.13)$$

3. Защита отходящих от КТП линий 0,38 кВ

К основным аппаратам защиты от междуфазных и однофазных КЗ на линиях 0,38 кВ относят предохранители и автоматические выключатели. В контрольной работе для линий со смешанной и производственной нагрузкой рекомендуется применять автоматические выключатели, так как при этом исключаются неполнофазные режимы.

Необходимо рассчитать параметры:

1) максимальной токовой защиты (МТЗ) с выдержкой времени и токовой отсечки (ТО) от междуфазных КЗ, выполненных на основе автоматических выключателей серий АЕ2000 и А3700;

2) защиты от однофазных КЗ на основе токовых реле РЭ-571Т, включаемых в нулевой провод каждой отходящей от КТП линии 0,38 кВ.

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

$$U_{ном} = U_{ном.уст} \quad (3.1)$$

$$I_{ном} \geq I_{раб.макс} \quad (3.2)$$

$$I_{макс.откл} \geq I''_{КЗ} \quad (3.3)$$

$U_{ном.уст}$ - номинальное напряжение линии, В;

$I_{раб.макс}$ - расчетный ток нагрузки линии, А;

$I_{кЗ.0.4}$ - ток трехфазного КЗ на шинах 0,4 кВ КТП, кА.

В нашем случае ток трехфазного КЗ на шинах 0,4 кВ КТП

$$I_{кЗ.0.4} = 16,8 \text{ кА}$$

Расчетный ток нагрузки линии (выбираем самую загруженную ветку)

$$I_{нагр.0.4} = 75,1$$

По приложению Б2 для нашей КТП таковой веткой будет линия № 2

Выберем выключатель типа А3700

3.2 Выбираем номинальный ток полупроводникового расцепителя:

$$I_{н.п.р} \geq I_{раб.макс} \quad (3.4)$$

где $I_{раб.макс.0.4} = I_{нагр.0.4} = 75,1 \text{ А}$

Выбираем номинальный ток

$$I_{н.п.р} = 100 \quad \text{А}$$

3.3 Определяем ток срабатывания МТЗ (в зоне токов перегрузки) полупроводникового расцепителя выключателя:

$$I_{с.п.р} = 1.25 I_{н.п.р} = 125 \quad \text{А} \quad (3.5)$$

3.4 Проверяем чувствительность МТЗ

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{к1.0.4''}}{I_{с.п.р}} = \frac{262.7}{125} = 2.102 \quad (3.6)$$

Защита от однофазных КЗ в конце линии 0,38 кВ будет определяться только настройкой токового реле, включаемого в нулевой провод линии

3.5 Определяем ток срабатывания ТО ($I_{с.о}$) по условиям:
-отстройки от тока трехфазного КЗ ($I_{кб(3)}$) в конце линии

$$I_{с.о} = 1.25 I_{к3.0.4''} = 1.25 \times 531.8 = 664.7 \quad \text{А} \quad (3.7)$$

3.6 По наибольшему значению « $I_{с.о}$ » определяем уставку тока срабатывания ТО полупроводникового расцепителя выбранного типа выключателя из таблицы Г4 приложения Г:

Должны выполняться условия (3.8)

$$I_{с.о.п.р}^3 \geq I_{с.о} \quad (3.9)$$

$$I_{с.э.р}^3 \geq I_{с.о} \quad (3.10)$$

$$I_{с.о.п.р} = 7 I_{н.п.р} = 7 \times 100 = 700 \quad \text{А}$$

$$I_{с.э.р} = 1.6 \cdot 10^3 \quad \text{А}$$

Примем ток срабатывания расцепителя

$$I_{с.р.} = I_{с.о.п.р} = 700 \quad \text{А} \quad (3.11)$$

3.7 Проверяем чувствительность ТО:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{к3.0.4'}}{I_{с.р.}} = \frac{16800.0}{700} = 24.0 \quad (3.12)$$

$$K_{\text{ч}} > 1.2$$

Тип Выключателя	Номинальное напряжение	Номинальный ток выключателя, А	Базовый номинальный ток	Калибруемые значения номинального тока п/п расцепителя In.p, А	Калибруемые значения уставок п/п расцепителя		Уставка по току срабатывания		Предельно допустимый ток КЗ, кА
					По току срабатывания в зоне КЗ, кратные In.p	По времени сраб в зонеперегрузки, с	П/п расцепителя в зоне токов перегрузки, кратная In.p	Электромагнитного расцепителя, А	
A3714Б	660(380)	160	125	80;100;125;160	2;3;5;7	4;8;16	1,25	1600	40(75)

3.8 Определяем ток срабатывания реле РЭ-571Т (уставки 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 А), включенного в нулевой провод линии 0,38 кВ:

$$I_{c.p} = 2I_{\text{раб.макс.}0.4} = 2 \times 75.1 = 150.2 \text{ А} \tag{3.13}$$

3.9 Проверяем чувствительность защиты от токов однофазного КЗ

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{k1.0.4''}}{I_{c.p}} = \frac{262.7}{160} = 1.642 \quad \text{что больше 1,5} \tag{3.14}$$

4.1 Защита ВЛ 10 кВ

Линии напряжением 10 кВ защищаются от токов междуфазных КЗ с помощью МТЗ и ТО с действием на отключение высоковольтного выключателя. Защита выполняется в двухфазном варианте на реле РТВ и РТМ или РТ85. В контрольной работе предлагается выполнить расчет защиты на реле РТВ и РТМ, встраиваемые в приводы ПП-67. Для защиты линии 10 кВ рекомендуется использовать три модификации реле: РТВ-I с уставками 5; 6; 7,5 и 10 А; реле РТВ-II с уставками 10; 12,5; 15 и 17,5 А; РТВ-III с уставками 20; 25; 30 и 35 А.

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

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

$$I_{с.з} = \frac{K_H \times K_3}{K_B} \times I_{раб.макс} \quad (4.1)$$

где $K_H = 1.3$ $K_3 = 1.1$ $K_B = 0.65$ - коэффициенты надежности, самозапуска и возврата

$$I_{с.з} = \frac{K_H \times K_3}{K_B} \times I_{раб.макс} = \frac{1.3 \times 1.1}{0.65} \times 9 = 107.8 \quad \text{А}$$

2) условию селективности с защитой ближайшей к шинам 10 кВ КТП плавкими предохранителями:

$$I_{с.з}' = K_{н.п} \times I_{В.С} \quad (4.2)$$

где $K_{н.п} = 1.4$ - коэффициент надежности срабатывания плавкого предохранителя

$I_{В.С}$ - ток плавкой вставки, определенный по ее защитной характеристике при времени перегорания 5 с.

Для ближайшей КТП к шинам 10 кВ

Таблица 5

Обозначение на схеме	Тип	Номинальный ток плавкой вставки предохранителя
КТП501	КТП 160-10/0,4 У1	20

тогда по рисунку Д4 при времени срабатывания 5 с

$$I_{В.С} = 70 \quad \text{А}$$

$$\text{тогда } I_{с.з}' = K_{н.п} \times I_{В.С} = 1.4 \times 70 = 98.0 \quad \text{А} \quad (4.3)$$

Выбираем большее значение за расчетное

$$I_{с.з} = 107.8 \quad \text{А}$$

4.2 Определяем ток срабатывания реле

$$I_{c.p} = \frac{K_{cx}}{K_I} I_{c.з} \quad (4.4)$$

где $K_{cx} = 1$ - коэффициент схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока и реле (схема неполной звезды);

$$K_I = \frac{I_{1ном}}{I_{2ном}} = \frac{I_{1ном}}{5} \quad (4.5)$$

$I_{1ном}$ - 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:

$$I_{1ном} \geq I_{раб.макс} \quad (4.6)$$

$I_{1ном} = 50 \text{ А}$ при $I_{раб.макс} = 49 \text{ А}$
тогда $K_I = \frac{I_{1ном}}{5} = \frac{50}{5} = 10.0$ (4.7)

тогда $I_{c.p} = \frac{K_{cx}}{K_I} I_{c.з} = \frac{1}{10.0} \times 107.8 = 10.78 \text{ А}$ (4.8)

4.3 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:

$$I_y \geq I_{c.p} \quad (4.9)$$

Выберем $I_y = 12.5 \text{ А}$

4.4 Определяем уточненное значение тока срабатывания защиты:

$$I'_{c.з} = \frac{K_I}{K_{cx}} I_y = \frac{10.0}{1} \times 12.5 = 125.0 \text{ А} \quad (4.10)$$

4.5 Проверяем чувствительность защиты:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{КЛ.1}}}{I'_{c.з}} = \frac{615}{125.0} = 4.92 \quad \text{что больше } 1,5 \quad (4.11)$$

Последовательность расчета ТО линии 10 кВ

4.6 Выбираем ток срабатывания ТО по двум условиям:

1) отстройке от максимального тока КЗ ближайшей к шинам 10 кВ КТП

$$I_{c.o} = K_H \cdot I_{КБ.3} \quad (4.12)$$

где $I_{КБ.3}$ - расчетный ток трехфазного КЗ для ближайшей к шинам 10 кВ КТП, кА.

За неимением информации по марке подводящих проводов и расстоянию до ближайшей КТП примем значение КЗ равным

$$I_{КБ.3} = I_{кз.10''} = 820 \text{ А} \quad (4.13)$$

тогда $I_{c.o} = 1.5 \cdot I_{КБ.3} = 1.5 \cdot 820 = 1230.0$

2) отстройке от броска тока намагничивания трансформаторов КТП, подключенных к линии, при их включении под напряжение:

$$I_{c.o}' = 4 \times \frac{\Sigma S_{тр.ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.уст}} \quad (4.14)$$

где $U_{ном.уст} = 10 \text{ кВ}$

$\Sigma S_{тр.ном} = 900 \text{ кВА}$ - сумма номинальных мощностей трансформаторов всех КТП, питающихся от ВЛ 10 кВ

$$I_{c.o}' = 4 \times \frac{\Sigma S_{тр.ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.уст}} = 4 \times \frac{900}{\sqrt{3} \cdot 10} = 207.8 \text{ А}$$

Принимаем большее значение за расчетное

$$I_{c.o} = 1.23 \cdot 10^3 \text{ А}$$

4.7 Определяем ток срабатывания реле отсечки

$$I_{c.p.o} = \frac{K_{сх}}{K_I} \cdot I_{c.o} = \frac{1}{10.0} \cdot 1230 = 123 \text{ А} \quad (4.15)$$

4.8 Выбираем уставку тока для реле РТМ из ряда значений: 5; 7,5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 75; 100; 125 и 150 А

$$I_{y.o} \geq I_{c.p.o} \quad (4.16)$$

Выбираем $I_{y.o} = 125 \text{ А}$

4.9 Определяем уточненное значение тока срабатывания ТО:

$$I_{c.o}' = \frac{K_I}{K_{сх}} \cdot I_{y.o} = \frac{10.0}{1} \cdot 125 = 1250.0$$

4.10 Проверяем чувствительность защиты

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{кз.10''}}{I_{c.o}'} = 15.4 \quad \text{что больше } 1,2 \quad (4.17)$$

5. Согласование защит.

Действие максимальных токовых защит должно быть согласовано по времени так, чтобы поврежденный элемент электропередачи отключался ближайшей к нему защитой. Согласование защит обычно выполняется на графике (карте селективности), на котором все характеристики защит строятся при одном напряжении в пределах от тока срабатывания защиты до тока КЗ в месте установки защиты.

5.1 Строим характеристику защиты линии 0,38 кВ, используя результаты расчета (п. 3.2) и характеристику времени срабатывания выбранного автоматического выключателя

Характеристика времени срабатывания выключателя с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями. Берем верхнюю границу срабатывания в зоне токов перегрузок.

Выключатель АЗ714Б

Таблица 6

I/ном	1,25	2	3	4	5	6	7	зона токов КЗ, срабатывает н/п расцепитель		срабатывает э/м расцепитель	
								700	1600	1600	16800
I	125	200	300	400	500	600	700	700	1600	1600	16800
t	710	400	80	20	8	6	5	0,1	0,1	0,012	0,012

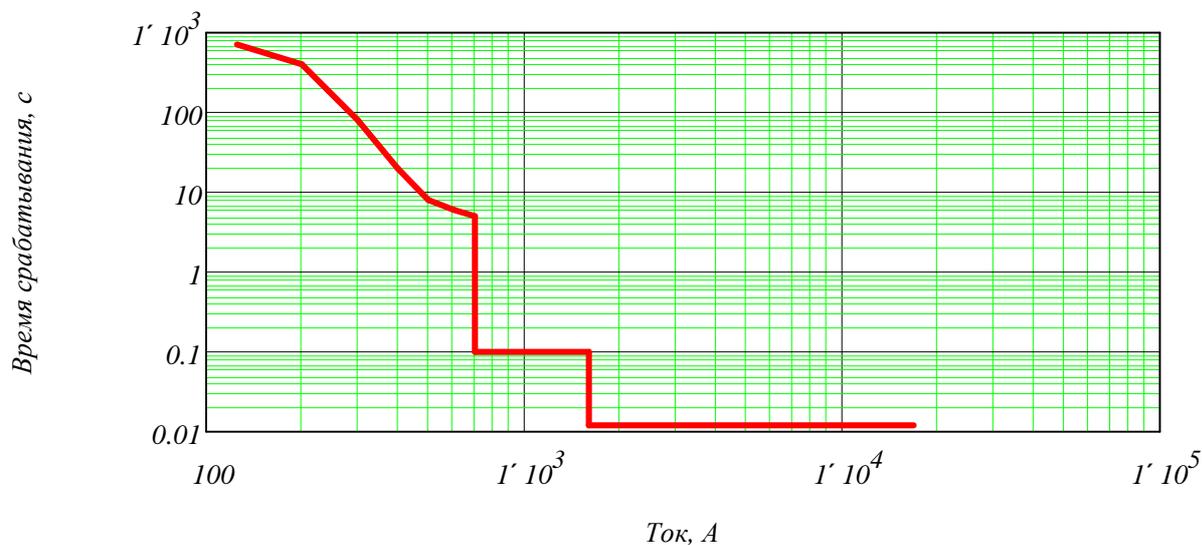


Рис 1. Времятоковая характеристика автоматического выключателя.

Определяем начальную, промежуточные и конечную точки зависимой и независимой части характеристики времени срабатывания выбранного автоматического выключателя.

Начальная точка $1,25I_{н.п.р} = 125$ А - ток гарантированного срабатывания полупроводникового расцепителя

Промежуточная точка 1 $I_{с.р.} = 700$ А - ток срабатывания полупроводникового расцепителя

Промежуточная точка 2 $I_{с.э.р} = 1,6 \cdot 10^3$ А - ток срабатывания электромагнитного расцепителя

Конечная точка $I_{k3.0.4'} = 1.68 \cdot 10^4 \text{ А}$ - ток КЗ на шинах НН КТП

5.2 Строим характеристику защиты трансформатора КТП, используя результаты расчета и защитную характеристику плавкой вставки предохранителя типа ПКТ101-10 (рис. Д4 приложения Д).

Защитная характеристика предохранителя ПКТ101-10-16-20 У1

Таблица 7

$I, \text{А}$	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400
$t, \text{с}$	600	100	10	3	1	0,7	0,5	0,4	0,06	0,02	0,01

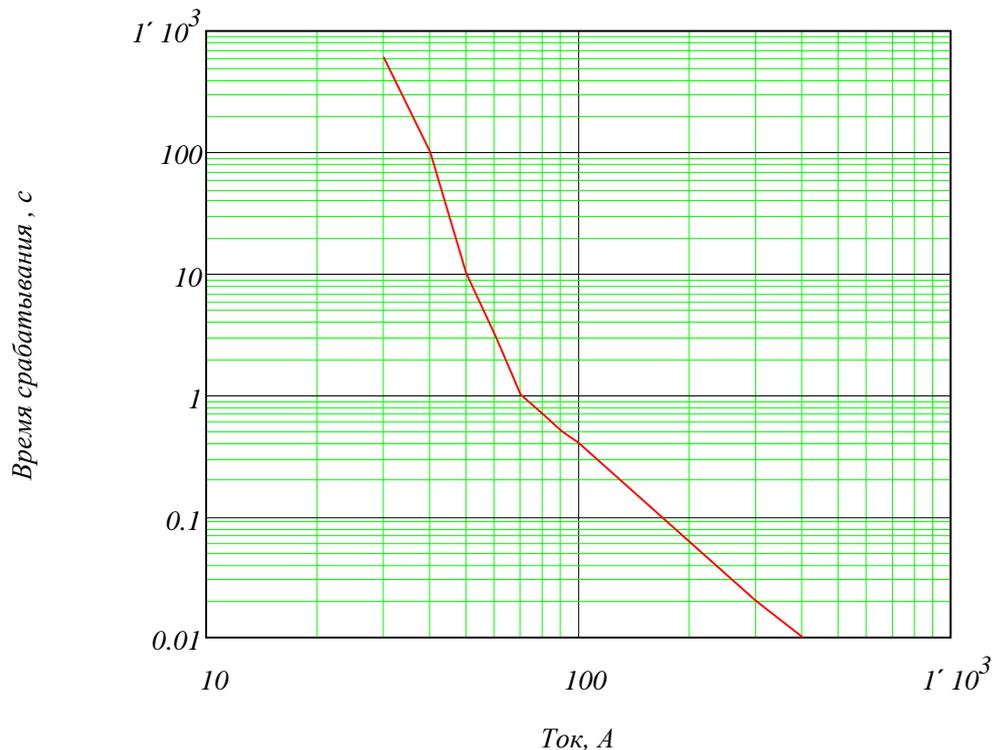


Рис. 2 Время-токовая характеристика ПКТ 101-10

Определяем начальную, промежуточные и конечную точки зависимой и независимой части характеристики времени срабатывания плавкой вставки выбранного типоразмера предохранителя.

Начальная точка (точка гарантированного срабатывания предохранителя)

$$I_{\text{нач.пр}} = 30 \text{ А} \quad t_{\text{нач.пр}} = 600 \text{ с}$$

Промежуточная точка (срабатывание предохранителя без задержки времени)

$$I_{\text{пром.пр}} = 400 \text{ А} \quad t_{\text{пром.пр}} = 0.01 \text{ с}$$

Конечная точка (Трехфазный ТКЗ на шинах 10кВ расчетной КТП)

$$I_{\text{конеч.пр}} = I_{k3.10''} = 820 \text{ А} \quad t_{\text{конеч.пр}} = 0.01 \text{ с}$$

Текущие значения токов плавкой вставки (I) пересчитываем на напряжение 0,38 кВ (Нн) путем умножения на среднее значение коэффициента трансформации (25) трансформатора КТП.

<i>I, A</i>	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	5000	7500	
<i>t, c</i>	600	100	10	3	1	0,7	0,5	0,4	0,06	0,02	

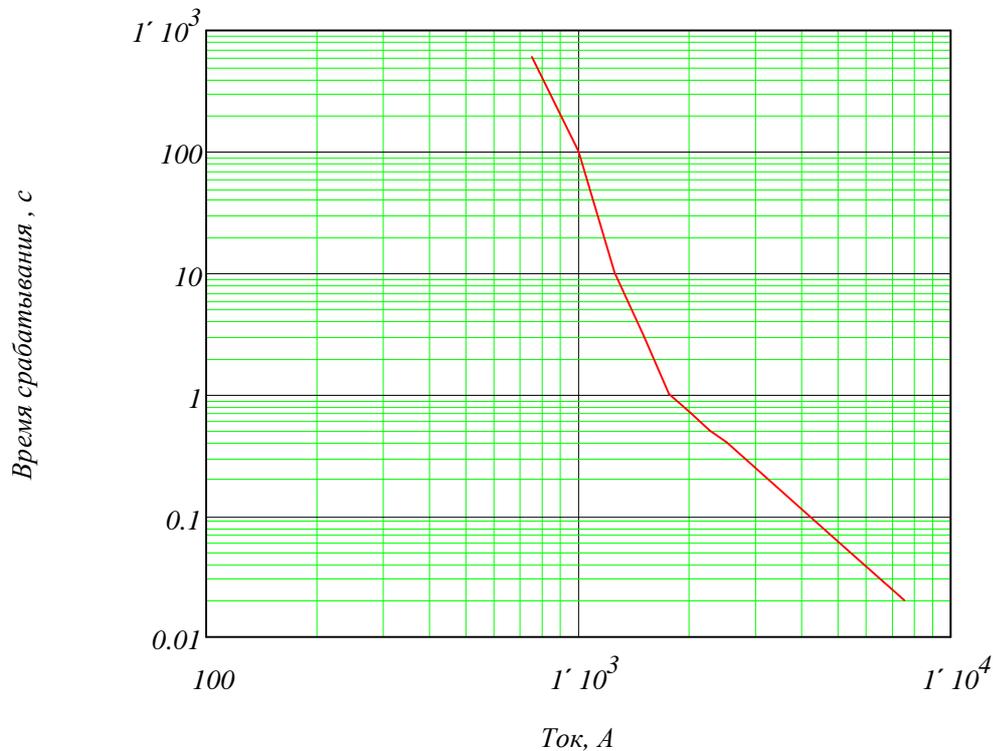


Рис. 3 Приведенная время-токовая характеристика ПКТ 101-10 на сторону 0,38кВ

Приведенные к напряжению 0,38 кВ значения точек

Начальная точка (точка гарантированного срабатывания предохранителя)

$$I_{нач.пр} = 750 \text{ А} \quad t_{нач.пр} = 600 \text{ с}$$

Промежуточная точка (срабатывание предохранителя без задержки времени)

$$I_{пром.пр} = 7.5 \cdot 10^3 \text{ А} \quad t_{пром.пр} = 0.01 \text{ с}$$

Конечная точка (Трехфазный ТКЗ на шинах 10кВ расчетной КТП)

$$I_{конеч.пр} = 2.05 \cdot 10^4 \text{ А} \quad t_{конеч.пр} = 0.01 \text{ с}$$

5.3 Строим характеристику защиты линии 10 кВ, используя результаты расчета и характеристику времени срабатывания реле типа РТВ (рис. Д5 приложения Д).

Таблица Характеристика срабатывания защиты ВЛ 10кВ с реле РТВ и РТМ, приведенные к напряжению 0,38 кВ

Таблица 9

$I/I_{сз}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7		
I, A	125	138	150	163	175	188	200	362,5	1250	19250
t, c	9	6,3	4,6	3,5	2,8	2,2	2	2	0,1	0,1
$I_{нн}, A$	3125	3438	3750	4063	4375	4688	5000	9063	31250	481250

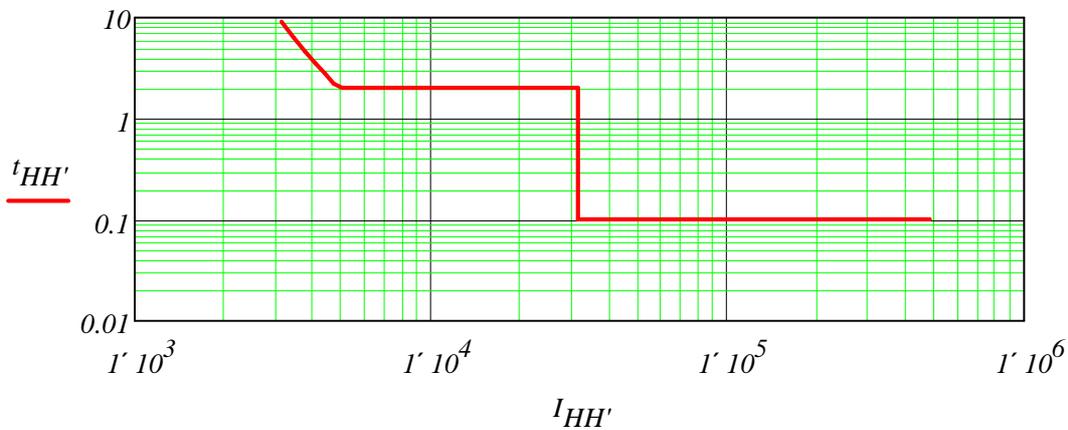


Рисунок 4. Характеристика срабатывания защиты ВЛ 10 кВ с реле РТВ и РТМ

5.4 Совмещаем характеристики защит линии, трансформатора ТП и линии 10 кВ на едином графике

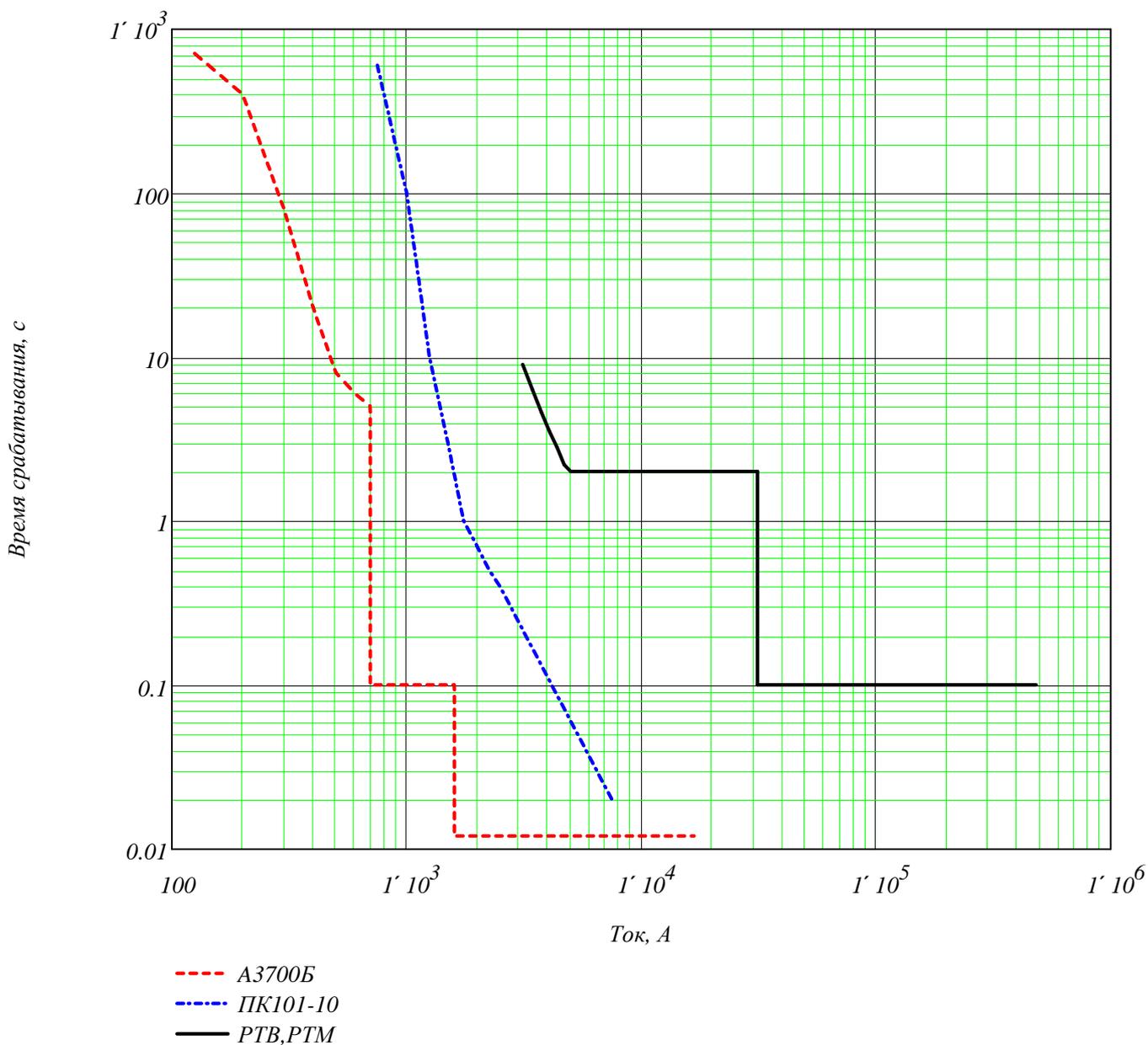


Рис 5. Карта согласования защит линий 0,38 и 10 кВ

В зонах совместного действия защит соблюдаются условия селективности по времени

$$\Delta t_1 > 0.5 \text{ с}$$

$$\Delta t_2 > 0.5 \text{ с}$$