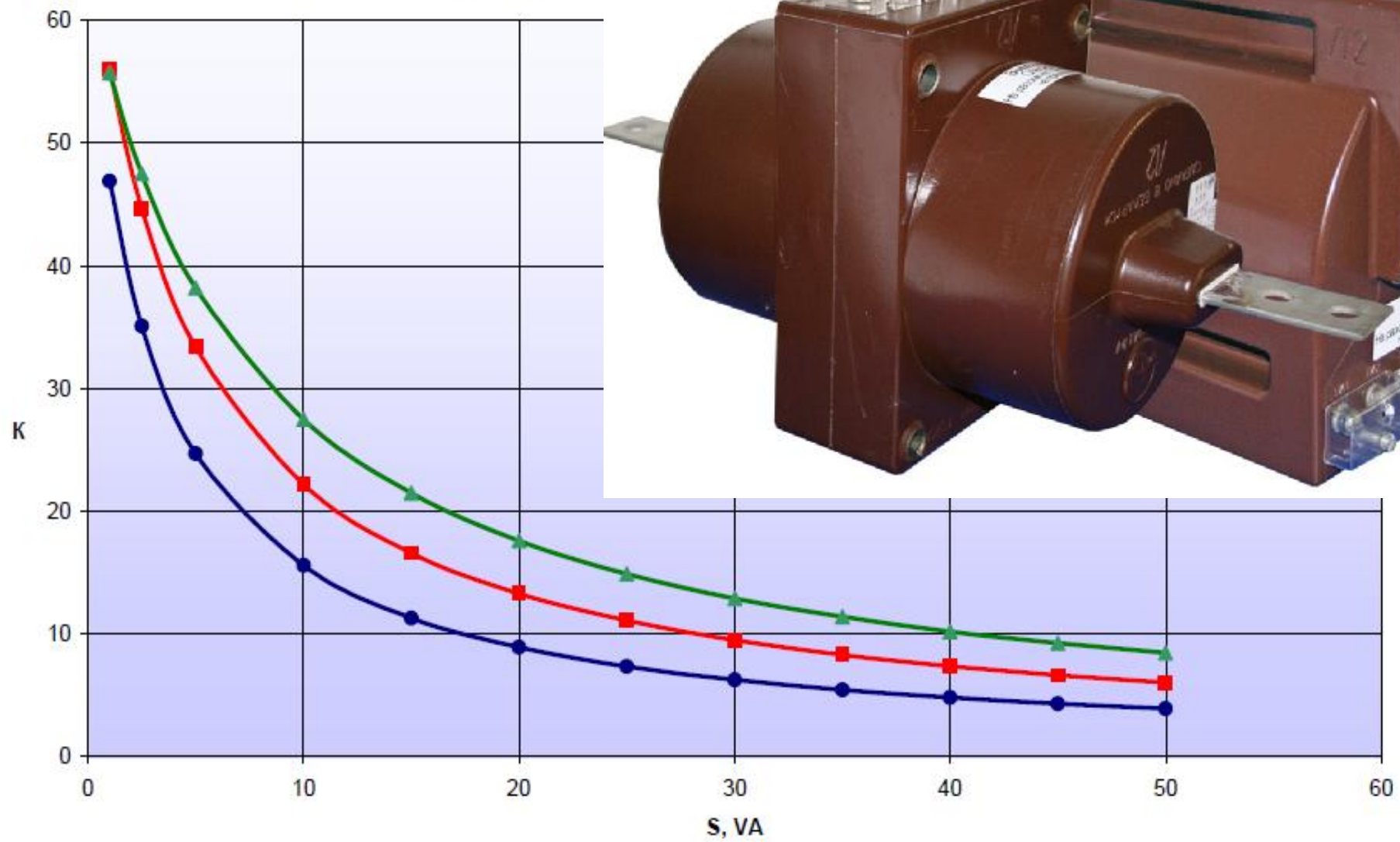


Релейная защита и автоматика систем электроснабжения

Практическое занятие. Теоретическая часть.

Релейная защита распределительных сетей 6(10) кВ. Выбор трансформаторов тока

Составил: Кузнецов Д. Б.

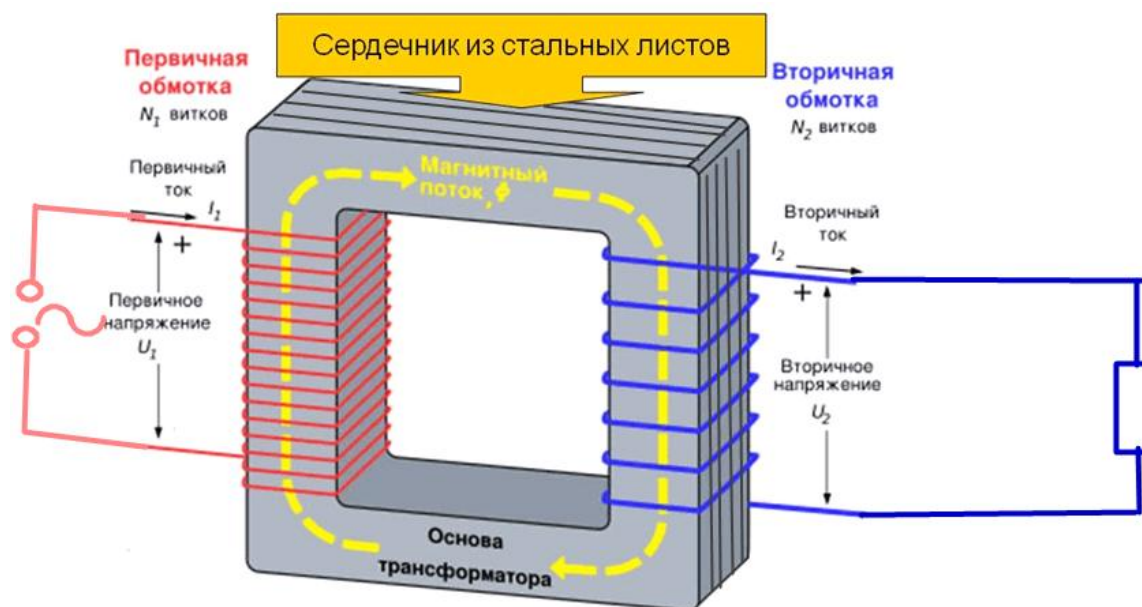


Общие положения. Трансформаторами тока (ТТ) принято называть электротехнические устройства, предназначенные для трансформирования величин токов до величин требуемых для подключения приборов измерения, устройств РЗиА.

Установка в силовых электроустановках трансформаторов низкой мощности позволяет также обезопасить производство работ, поскольку их использование разделяет цепи высокого / низкого напряжения, упрощает конструктивное исполнение дорогостоящих измерительных приборов, реле.

Трансформаторы тока конструктивно состоят из:

- замкнутого магнитопровода;
- 2-х обмоток (первичной, вторичной).



Каждый трансформатор тока обладает индивидуальными параметрами и техническими характеристиками, определяющими область применения этих устройств.

Номинальный ток. Позволяет устройству работать в течение длительного времени без перегрева. В таких трансформаторах имеется значительный запас по нагреву, а нормальная работа возможна при перегрузках до 20%.

Номинальное напряжение. Его значение должно обеспечивать нормальную работу трансформатора. Именно этот показатель влияет на качество изоляции между обмотками, одна из которых находится под высоким напряжением, а другая заземлена.

Коэффициент трансформации. Представляет собой отношение между токами в первичной и вторичной обмотке и определяется по специальной формуле. Его действительное значение будет отличаться от номинального в связи с определенными потерями в процессе трансформации.

Токовая погрешность. Возникает в трансформаторе под влиянием тока намагничивания. Абсолютное значение первичного и вторичного тока различается между собой как раз на эту величину. Ток намагничивания приводит к созданию в сердечнике магнитного потока. При его возрастании, токовая погрешность трансформатора также увеличивается.

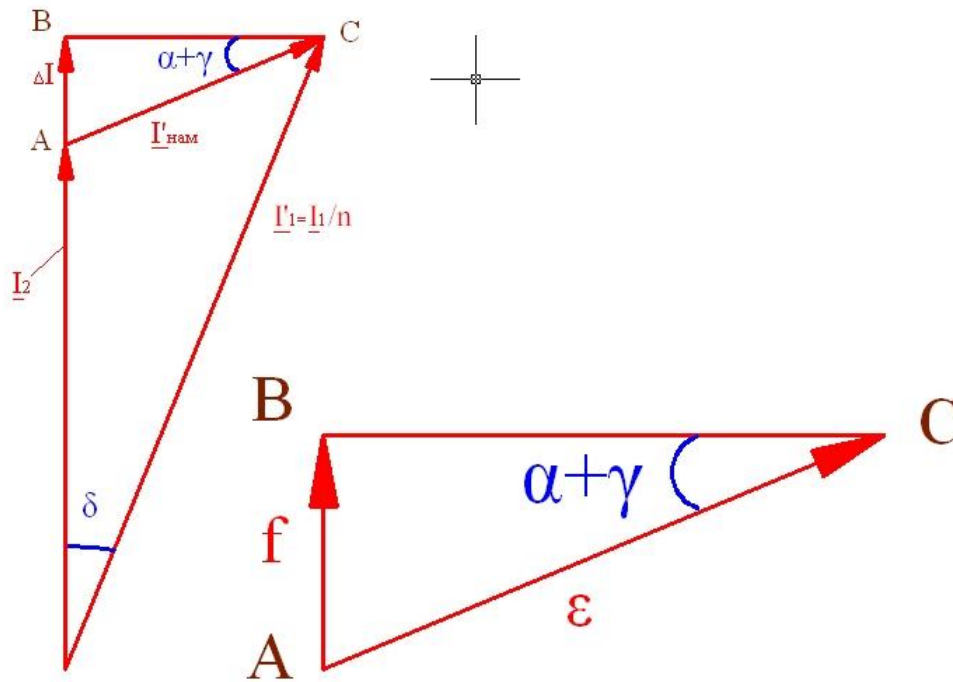
Номинальная нагрузка. Определяет нормальную работу устройства в своем классе точности. Она измеряется в Омах и в некоторых случаях может заменяться таким понятием, как номинальная

мощность. Значение тока является строго нормированным, поэтому значение мощности трансформатора полностью зависит лишь от нагрузки.

Номинальная предельная кратность. Представляет собой кратность первичного тока к его номинальному значению. Погрешность такой кратности может достигать до 10%. Во время расчетов сама нагрузка и ее коэффициенты мощности должны быть номинальными.

Максимальная кратность вторичного тока. Представлена в виде отношения максимального вторичного тока и его номинального значения, когда действующая вторичная нагрузка является номинальной. Максимальная кратность связана со степенью насыщения магнитопровода, при котором первичный ток продолжает увеличиваться, а значение вторичного тока не меняется.

Погрешности трансформаторов тока.



по формуле:

$$f = (I_2 - I'_1) / I'_1 \times 100\%$$

У трансформаторов тока существует три погрешности – *токовая, угловая и полная*. Рассмотрим каждую из них в отдельности.

Токовая погрешность трансформаторов тока

На векторной диаграмме она обозначена f или ΔI . Эта погрешность показывает *отношение между разностью вторичного и приведенного к вторичному первичного тока к приведенному к вторичному первичному току*. Или, более понятно

Угловая погрешность трансформаторов тока

Обратимся к векторной диаграмме. Угловая погрешность это угол между током I_2 и I'_1 . Она измеряется в градусах и обозначается буквой δ . Для идеального трансформатора тока эта погрешность равна нулю. Эта погрешность показывает *разность действительного и номинального вторичного тока*.

Известно соотношение, что если токовая погрешность $f < 10\%$, то $\delta < 10^\circ$. При ненормальных режимах работы, из-за сильного насыщения тт, угловая погрешность может сильно увеличиваться. Это может приводить к срабатыванию направленных реле.

Также существует полная погрешность

Она вычисляется как отношение действующих значений тока намагничивания и приведенного первичного тока. Полная погрешность обозначается буквой ε . Для синусоидального тока данный вид погрешности определяется по выражению:

$$\varepsilon = (I_{\text{нам}} / I'_1) \times 100\%$$

Общим для погрешностей будет тот факт, что *при увеличении вторичной нагрузки трансформатора тока, будут увеличиваться его погрешности. И в тоже время верно и обратное!*

Классы точности ТТ для учета и защиты

Трансформаторы тока обладают определенными классами точности. Виды классов точности трансформаторов тока определяются по **ГОСТ 7746-2001**.

Величины сопротивления нагрузки и первичного тока для разных классов точности ТТ для измерений и для защиты приведены в ГОСТ и в таблице:

Для измерительных цепей и цепей релейной защиты классы точности будут разными. Трансформаторы тока для измерений должны соответствовать одному из классов точности, согласно ГОСТ: 0,1, 0,2S, 0,2, 0,5, 0,5S, 1, 3, 5, 10.

Класс точности	Первичный ток, % номинального	Предел допускаемой погрешности (предельная погрешность)			Предел вторичной нагрузки, % номинального значения
		токовой, %	угловой		
			мин	ср.	
0,1	5	±0,4	±15	±0,45	25-100
	20	±0,2	±8	±0,24	
	100-120	±0,1	±5	±0,15	
0,2	5	±0,75	±30	±0,9	
	20	±0,35	±15	±0,45	
	100-120	±0,2	±10	±0,3	
0,2S	1	±0,75	±30	±0,9	
	5	±0,35	±15	±0,45	
	20	±0,2	±10	±0,3	
	100	±0,2	±10	±0,3	
	120	±0,2	±10	±0,3	
0,5	5	±1,5	±90	±2,7	
	20	±0,75	±45	±1,35	
	100-120	±0,5	±30	±0,9	
0,5S	1	±1,5	±90	±2,7	
	5	±0,75	±45	±1,35	
	20	±0,5	±30	±0,9	
	100	±0,5	±30	±0,9	
	120	±0,5	±30	±0,9	
1	5	±3,0	±180	±5,4	
	20	±1,5	±90	±2,7	
	100-120	±1,0	±60	±1,8	
3	50-120	±3,0	Не нормируется		50-100
5		±5,0			
10		±10			

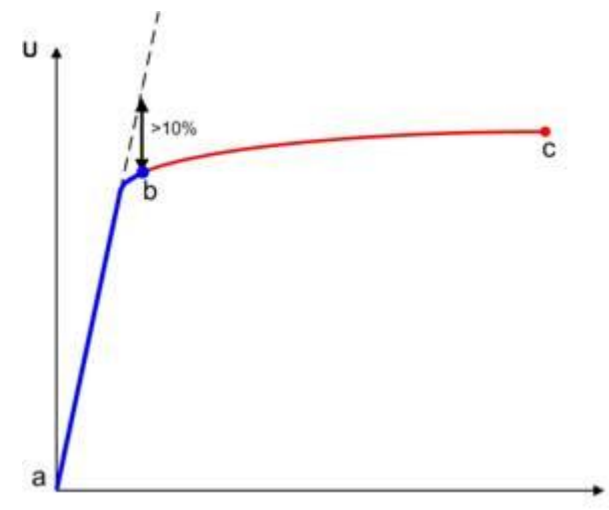
Трансформаторы тока для защиты имеют классы точности – 5Р и 10Р.

Класс точности	Предел допускаемой погрешности (предельная погрешность)			Предел вторичной нагрузки, % номинального значения
	токовой, %	угловой		
		мин	ср.	
5Р	±1	±60	±1,8	5
10Р	±3	Не нормируется		10

Точность работы ТТ зависит от вторичной нагрузки и первичного тока.

1) При большом сопротивлении нагрузки, трансформатор тока будет работать в зоне насыщения ТТ, что также будет соответствовать большим погрешностям. Точность различных классов обеспечивается лишь при определенном значении вторичной нагрузки ТТ.

2) Также точность работы ТТ зависит от величины первичного тока, так как одной из его составляющих является ветвь намагничивания. При малых значениях первичного тока, трансформатор будет работать в нижней части кривой намагниченности, при больших значениях – работа ТТ будет происходить в зоне насыщения.



Номинальный ток первичной цепи трансформатора тока

Номинальный ток первичной цепи, или можно сказать, номинальный первичный ток — это *ток, протекающий по первичной обмотке трансформатора тока, при котором предусмотрена его длительная работа*. Значение первичного номинального тока также указывается в паспорте на конкретный трансформатор тока.

Существует стандартный ряд номинальных значений первичных токов у выпускаемых трансформаторов тока:

5, 10, 50, 75, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000, 3000 (А)

Номинальный ток вторичной цепи трансформатора тока

Еще одним параметром трансформатора тока является номинальный ток вторичной цепи, или номинальный вторичный ток — *это ток, протекающий по вторичной обмотке трансформатора тока*.

Значение номинального вторичного тока, тоже отображается в паспорте на трансформатор тока и оно всегда равно **1 (А)** или **5 (А)**.

В распределительных сетях 6(10) кВ используются трансформаторы тока со значением номинального вторичного тока равном только 5 А.

Трансформаторы тока устанавливаются внутри камер КСО. Конструктивно они бывают опорными (например, ТОЛ-10) и проходными (ТПОЛ-10):



Проходной трансформатор тока



Опорный трансформатор тока



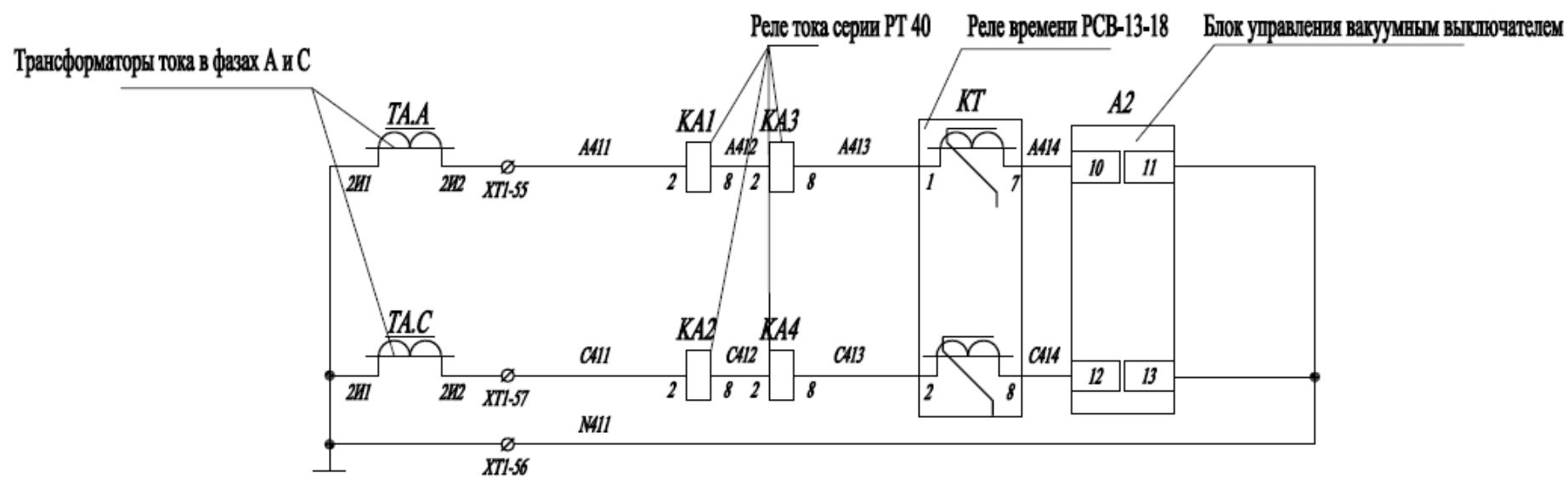
Трансформаторы тока ТПОЛ-10,
установленные в фазах А и С камеры КСО

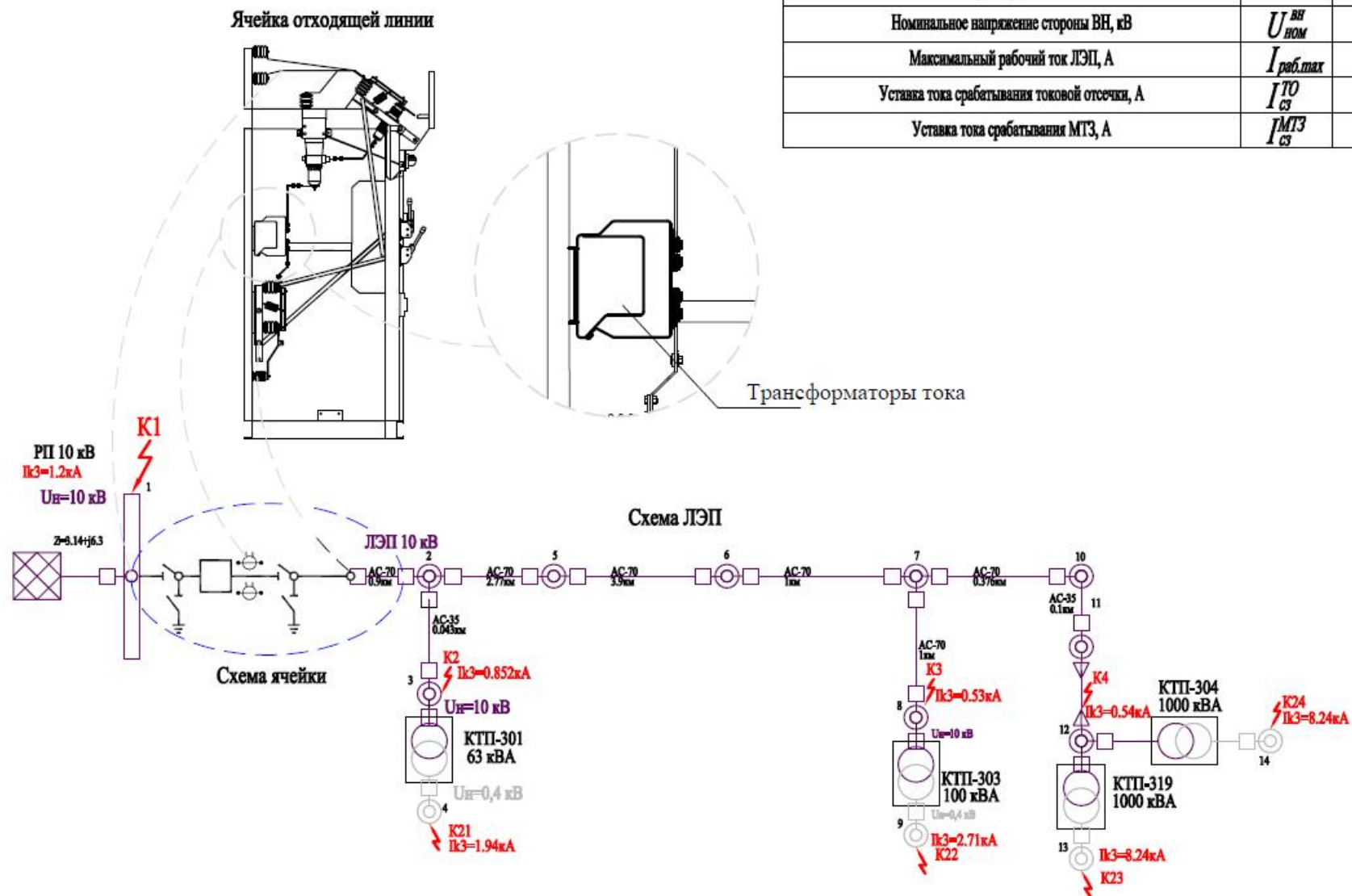
Как правило, такие трансформаторы тока имеют от двух и более вторичных обмоток различных классов точности. Для подключения приборов релейной защиты, блоков питания используются вторичные обмотки с классом точности **10P**.

Следует отметить, что для сети номинальным напряжением 6 кВ используются трансформаторы тока с номинальным напряжением 10 кВ.

Постановка задачи.

На схеме изображена уже знакомая нам по предыдущим занятиям ВЛ 10 кВ. Значения ее основных параметров, в том числе и токов срабатывания ее защит нам уже известны. Так же имеется представление о схеме ее вторичных токовых цепей (этот вывод сделан нами на основании проведенных расчетов защит):





Необходимо выбрать коэффициент трансформации трансформаторов тока, ток срабатывания реле для МТЗ и токовой отсечки. Далее необходимо проверить, соответствует ли нагрузка, подключаемая ко вторичной обмотке, классу точности 10Р, иными словами, допустимо ли подключить заданную нагрузку к данному трансформатору тока так, чтобы токовая погрешность не превысила величины, указанной для своего класса точности.

Что необходимо знать для решения поставленной задачи?

1. Технические характеристики приборов, подключаемых ко вторичной обмотке. Для каждого типа реле и блока управления, из которых состоит схема имеются руководства по эксплуатации или другие нормативные документы. Как правило, они размещены на сайтах производителей и находятся в свободном доступе. Ниже приведены основные технические характеристики для реле РТ-40, РСВ 13-18, блока управления ВU/TEL-220-05А. Цветом выделены те параметры, которые необходимы для расчета.

Реле РТ 40



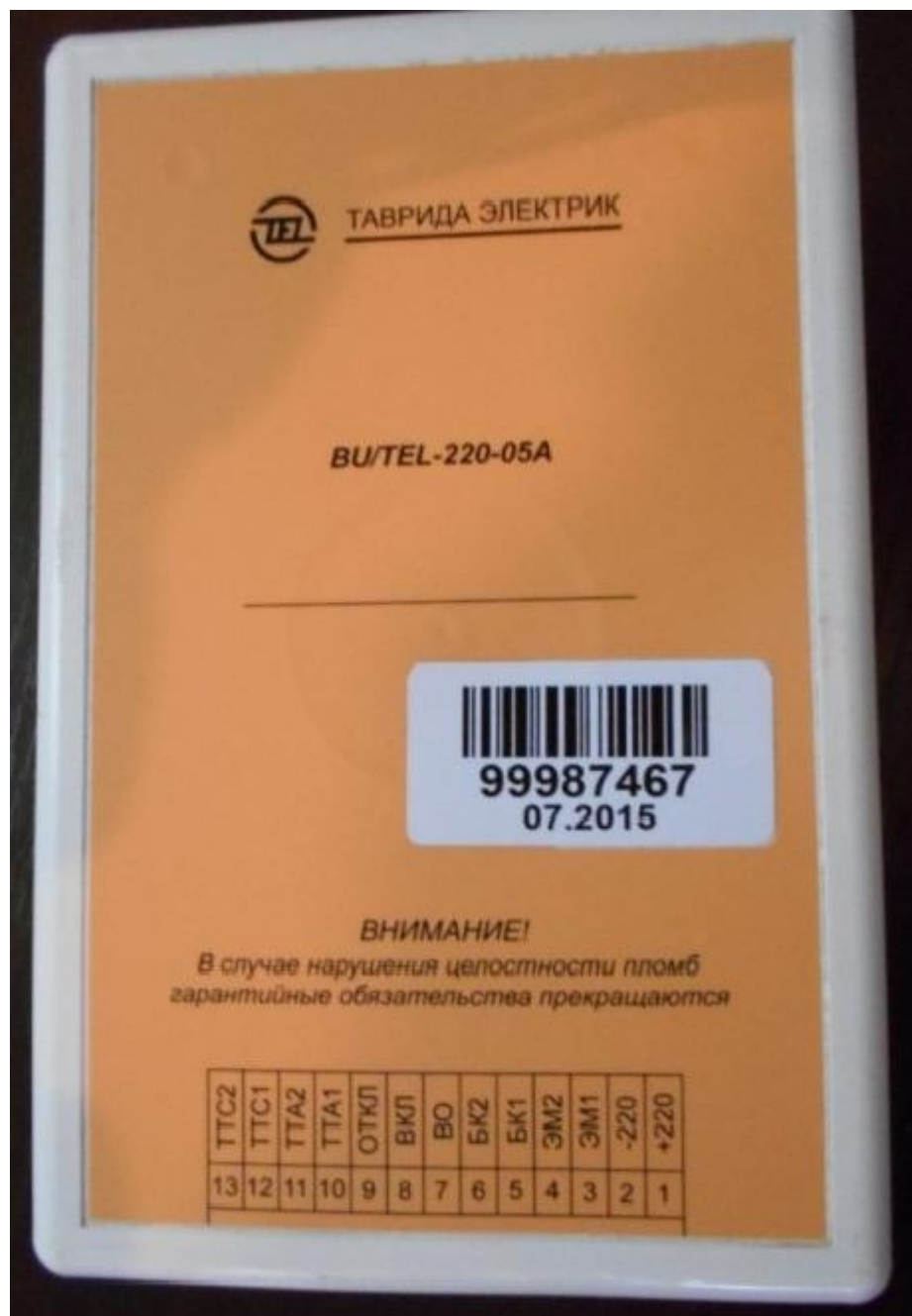
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Типоисполнение	Ток срабатывания, А при соединении катушек		Номинальный ток, А при соединении катушек		Потребляемая мощность, В·А при токе мин. уставки
	последовательное	параллельное	последовательное	параллельное	
РТ-40/0.2, РТ-140/0.2	0.05...0.1	0.1...0.2	0.4	1	0.2
РТ-40/0.6, РТ-140/0.6	0.15...0.3	0.3...0.6	1.6	2.5	
РТ-40/2, РТ-140/2	0.5...1.0	1.0...2.0	2.5	6.3	
РТ-40/6, РТ-140/6	1.5...3.0	3.0...6.0	10	16	0.5
РТ-40/10, РТ-140/10	2.5...5.0	5.0...10	16		
РТ-40/20, РТ-140/20	5...10	10...20			
РТ-40/50, РТ-140/50	12.5...25	25...50			
РТ-40/100, РТ-140/100	25...50	50...100			
РТ-40/200, РТ-140/200	50...100	100...200			8



Реле РСВ 13-18

Время повторной готовности, с, не более		0.08
Время возврата, с		0.08
Мощность, потребляемая реле при 2-Имин для каждой цепи питания, В·А, не более		7.0
Испытательное напряжение переменного тока 50Гц, выдерживаемое электрической изоляцией в течение 1 мин без пробоя и перекрытия, приложенное между любыми электрически не связанными частями и между ними и корпусом реле, В	до испытаний на коммутационную износостойкость	2000
	после испытаний на коммутационную износостойкость	1500
Коммутационная способность контактов реле при напряжении от 24 до 242В	в цепях постоянного тока с постоянной времени индуктивной нагрузки не более 0.02с, Вт, не более	50
	ток отключения, А, не более	0.23
	в цепях переменного тока при $\cos \varphi = 0.4$, В·А, не более	110
	ток отключения, А, не более	0.5
Коммутационная износостойкость, циклы ВО		$20 \cdot 10^3$
Масса, кг, не более		2.5



Блок управления BU/TEL-220-05A

Мощность, потребляемая токовыми цепями одной из фаз при отключении от этих токовых цепей:	
— 10 А, не более, ВА	30
— 50 А, не более, ВА	230
Полное входное сопротивление токовых цепей одной из фаз в режиме ожидания отключения, не более, Ом	0,09
Время сохранения способности БУ к отключению коммутационного модуля от момента пропадания напряжения на входе БП:	
— после включения коммутационного модуля (БП разряжен), не менее, с	10
— когда БП заряжен (готов к включению), не менее, с	20
Время готовности БУ к включению коммутационного модуля от момента подачи напряжения на БП, не более, с	5 ²
Время готовности БУ к отключению коммутационного модуля от момента подачи напряжения на БП, не более, с	10 ²
Минимально необходимое время замкнутого состояния цепи управления включением для включения коммутационного модуля, не менее, мс	50
Минимально необходимое время замкнутого состояния цепи управления отключением для отключения коммутационного модуля, не менее, мс	90
Минимально возможная продолжительность цикла ВО (по главным контактам ISM), не более, мс	170
Масса БУ, кг, не более	2
Габариты БУ, мм, не более	192x120x61

¹ Напряжение питания отсутствует, ток подается одновременно с замыканием цепи отключения

² При номинальном напряжении на входе БП

2. Тип (марку) трансформаторов тока. Каждому типу ТТ соответствуют свои, представляемые изготовителями *кривые предельной кратности*.

Введем несколько определений.

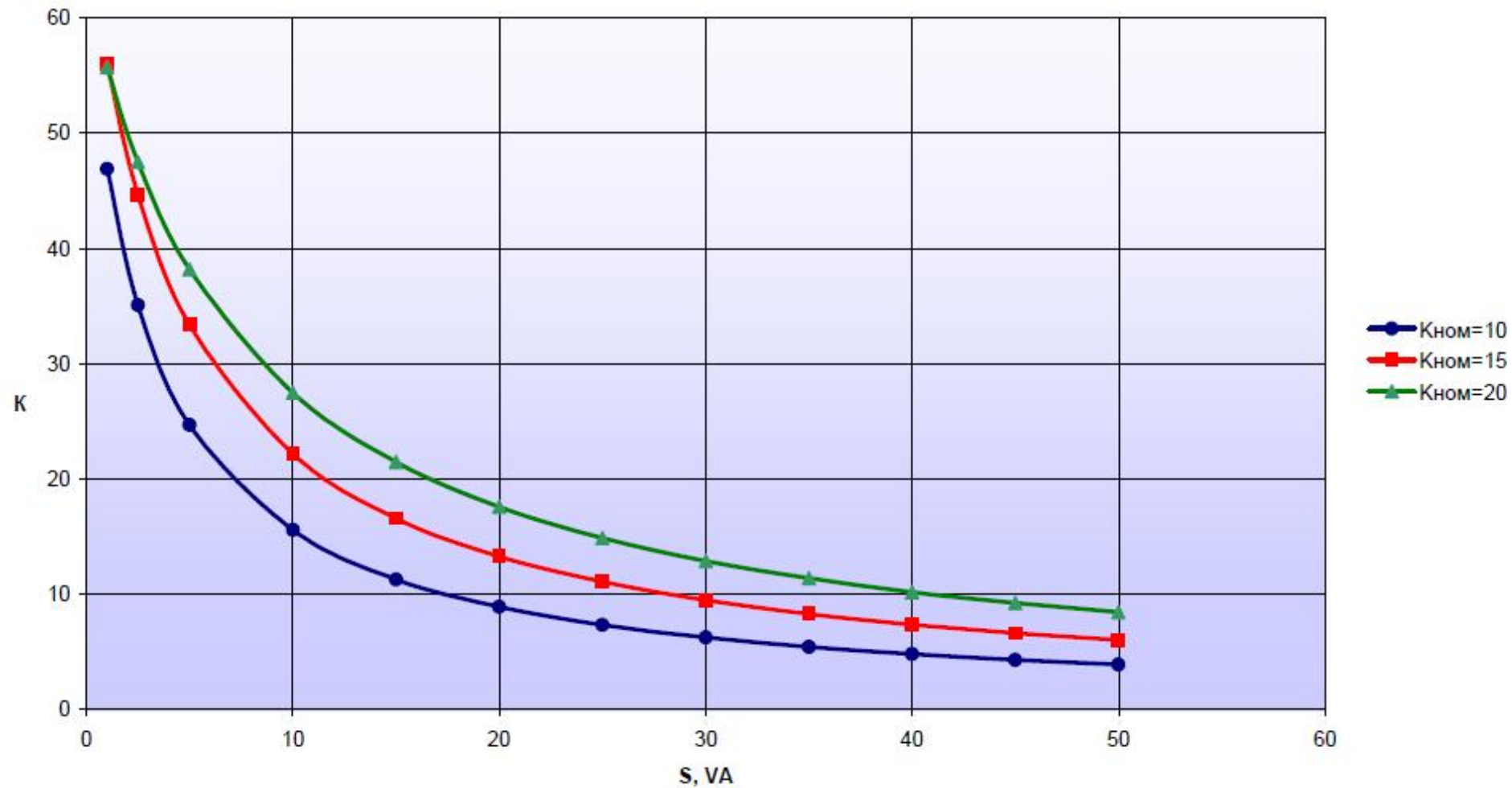
Предельная кратность – отношение предельного значения первичного тока, при котором полная погрешность при заданной вторичной нагрузке не превышает 10%, к номинальному первичному току. Предельная кратность вторичной обмотки для защиты определяет возможность нормальной работы защитных устройств и систем при аварийных режимах работы.

Кривые предельной кратности

Предельная кратность напрямую зависит от реального значения вторичной нагрузки. Для правильного проектирования систем защиты существуют *кривые предельной кратности, т.е. зависимость коэффициента предельной кратности от нагрузок на вторичной обмотке*.

Заводы изготовители представляют кривые предельной кратности выпускаемых трансформаторов тока в виде зависимости величины предельной кратности **$K(10)$** от мощности, подключаемой ко вторичной обмотке:

Кривые предельной кратности вторичных обмоток для защиты
с классами точности 5Р и 10Р и номинальной нагрузкой 15 ВА
трансформаторов с первичными токами 10..300А и 600А



Для ТОЛ-СЭЩ-10

или от сопротивления:

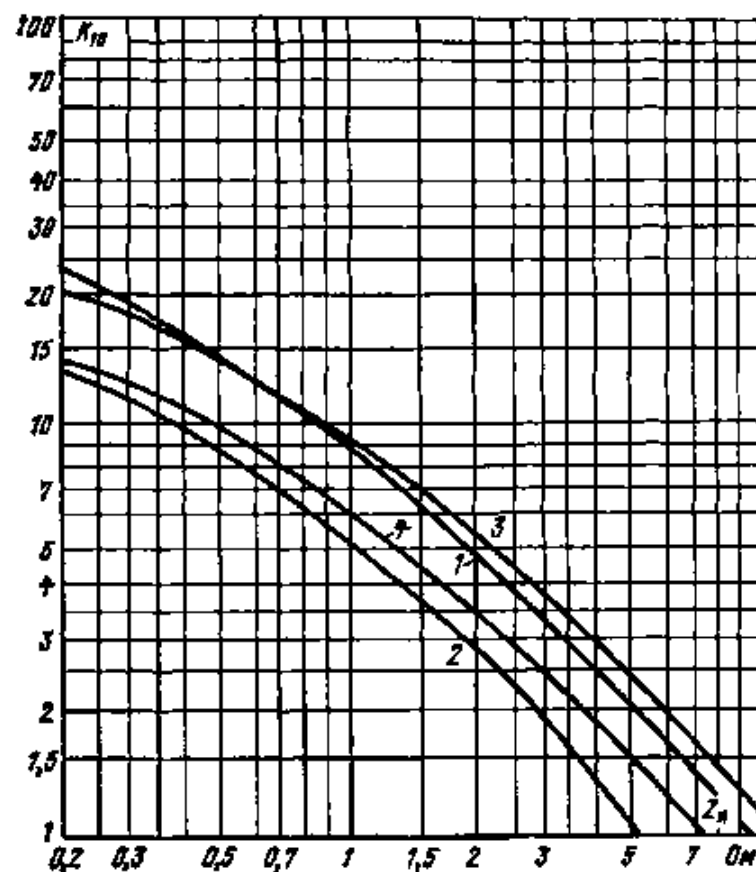


Рис. П2-1. ТПЛ-10.

1 - $p_{ном}=5/5$ - 300/5 класс Р; 2 - $p_{ном}=5/5$ - 300/5 класс 0,5;
3 - $p_{ном}=400/5$ класс Р; 4 - $p_{ном}=400/5$ класс 0,5

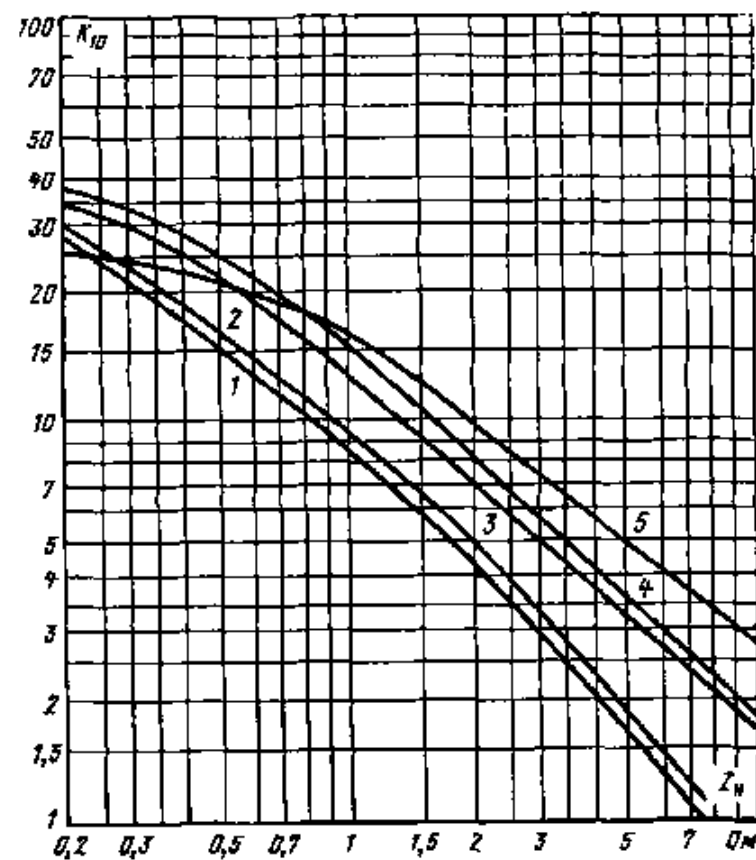


Рис. П2-2. ТПЛ-10К.

1 - $p_{ном}=5/5$ - 50/5; 2 - $p_{ном}=100/5$ - 400/5; 600/5; 3 - $p_{ном}=800/5$;
4 - $p_{ном}=1000/5$; 5 - $p_{ном}=1500/5$.

3. Длину, материал и сечение провода, которым подключаются аппараты во вторичной цепи трансформатора тока. В камерах КСО токовые цепи подключены медным проводом сечением 2,5 мм. кв. Максимальная длина провода, как правило не превышает 5 м.

Порядок выбора трансформатора тока следующий:

а) определяют максимальный рабочий ток защищаемого элемента (он определялся на предыдущих занятиях);

б) по максимальному рабочему току и номинальному напряжению защищаемого элемента выбирают трансформатор тока с соответствующим первичным номинальным током $I_{1ном}$

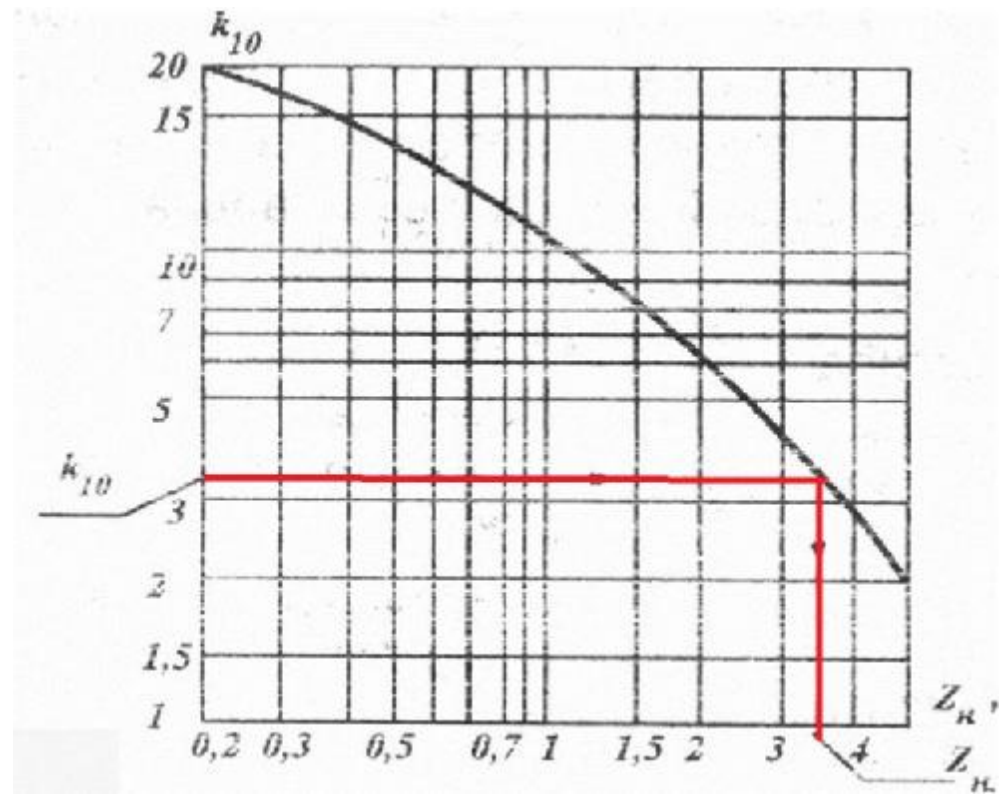
в) определяют расчетный первичный ток $I_{расч}$, исходя из соображений, указанных в таблице:

№	Наименование защиты	Расчетный первичный ток
1	Токовая отсечка и максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени	$1,1I_{с.з}$
2	Максимальная токовая защита с ограниченно зависимой выдержкой времени	$1,1I_{сог}^*$, где $I_{сог} = I_{к.вн. max}^{(3)}$
3	Токовая направленная защита	$I_{к.вн. max}^{(3)}$
4	Продольная дифференциальная защита	$I_{к.вн. max}^{(3)}$
5	В защитах на переменном оперативном токе для дешунтируемых электромагнитов отключения УАТ	$(1,4...1,8)I_{с.уат}K_I / k_{сх}^{(3)}$, где $I_{с.уат}$ - ток срабатывания электромагнита, равный 1,5-3,0 А. Если для этой цели использовано реле РТМ, то $I_{с.уат} = 5A$.

г) определяют предельную кратность $K(10)$ по формуле:

$$K(10) = \frac{I_{расч}}{I_{ном}}$$

д) по соответствующим кривым предельной кратности для выбранного трансформатора тока находят допустимое значение вторичной нагрузки $Z_{н.доп}$.

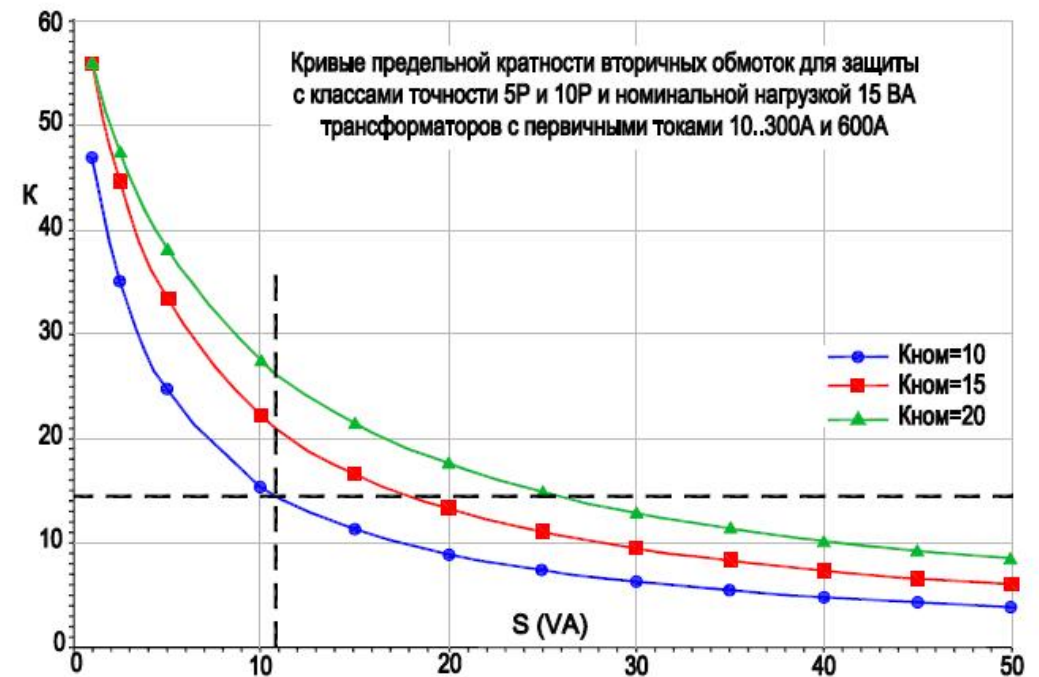


е) определяют действительную расчетную нагрузку $Z_{н.расч}$, которая должна равняться или быть

меньше допустимой, т.е.

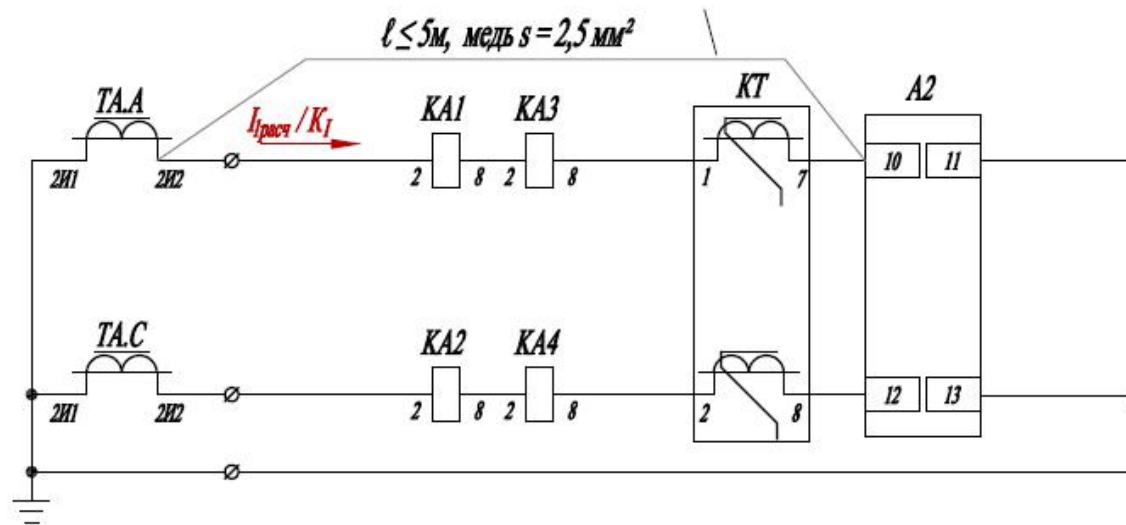
$$Z_{н.расч} \leq Z_{н.доп}$$

д) если изготовители ТТ представляют кривые предельной кратности выпускаемых трансформаторов тока в виде зависимости величины предельной кратности $K(10)$ от мощности, подключаемой ко вторичной обмотке, то сравнивают мощности:



$$S_{н.расч} \leq S_{н.доп}$$

Итак:



$$Z_{н.расч} = Z_{нагр} + R_{пров} + R_{пер}, \text{ где:}$$

$$Z_{н.расч} = \frac{S_{КА1} + S_{КА3} + S_{КТ}}{I_{ном}^2} + Z_{А2} = \frac{S_{КА2} + S_{КА4} + S_{КТ}}{I_{ном}^2} + Z_{А2} = \frac{S_{КА1} + S_{КА3} + S_{КТ}}{5^2 [A]} + Z_{А2}$$

$$R_{пров} = \frac{\rho * \ell}{s} = \frac{\ell}{\gamma * s}, \text{ где: } \rho = 0,0176 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}, \gamma = 57 \text{ М/Ом} \cdot \text{мм}^2, \ell \approx 5 [\text{м}], s = 2,5 [\text{мм}^2]$$

$$R_{пер} \approx 0,1 [\text{Ом}] - \text{переходное сопротивление в контактных соединениях.}$$

Произведем расчет и выбор ТТ для нашей ЛЭП 10 кВ. Предварительно примем марку трансформатора тока ТПОЛ-10.

Максимальный рабочий ток нашей линии 100 А. Из стандартного ряда коэффициентов трансформации предварительно выберем ближайший наибольший – 200/5. Ранее были рассчитаны уставки токов срабатывания МТЗ и ТО. Исходя из:

$$I_{cp} = \frac{K_{сх} * I_{сз}}{K_I}$$

($K_{сх} = 1$) и данных таблицы:

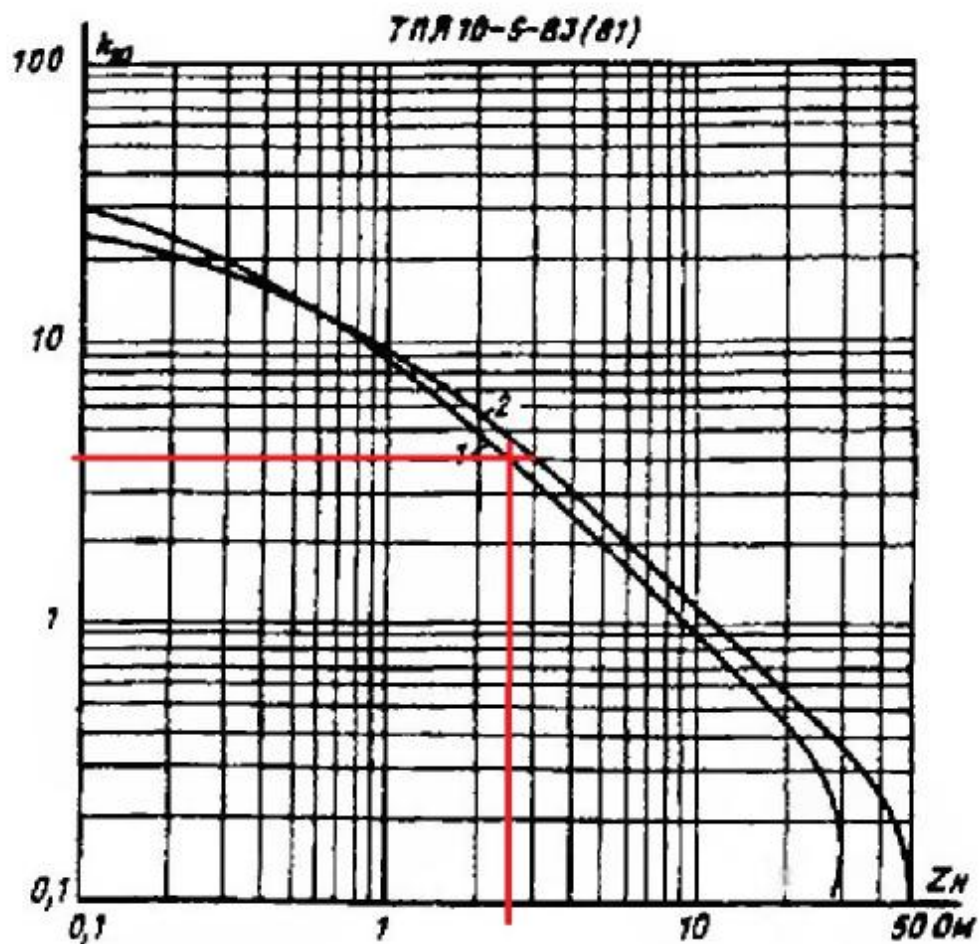
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Типоисполнение	Ток срабатывания, А при соединении катушек		Номинальный ток, А при соединении катушек		Потребляемая мощность, В·А при токе мин. уставки
	последовательное	параллельное	последовательное	параллельное	
РТ-40/0.2, РТ-140/0.2	0.05... 0.1	0.1... 0.2	0.4	1	0.2
РТ-40/0.6, РТ-140/0.6	0.15... 0.3	0.3... 0.6	1.6	2.5	
РТ-40/2, РТ-140/2	0.5... 1.0	1.0... 2.0	2.5	6.3	
РТ-40/6, РТ-140/6	1.5... 3.0	3.0... 6.0	10	16	0.5
РТ-40/10, РТ-140/10	2.5... 5.0	5.0... 10	16		
РТ-40/20, РТ-140/20	5... 10	10... 20			
РТ-40/50, РТ-140/50	12.5... 25	25... 50			
РТ-40/100, РТ-140/100	25... 50	50... 100			0.8
РТ-40/200, РТ-140/200	50... 100	100... 200			1.8
					8

выберем параметры токовых реле – РТ40/10 для МТЗ и РТ40/20 для ТО. Мощность, потребляемая ими при минимальном токе уставки составляет 0,5 В*А. Но поскольку ток уставки не минимален, для расчетов примем следующую за 0,5 В*А величину в таблице – 0,8 В*А. Остальные параметры для определения нагрузки указаны в соответствующих таблицах. Расчет нагрузки и величины К(10) проводится студентами самостоятельно. При выборе значения расчетного тока следует исходить из выделенного в таблице:

№	Наименование защиты	Расчетный первичный ток
1	Токовая отсечка и максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени	$1,1I_{с.з}$
2	Максимальная токовая защита с ограниченно зависимой выдержкой времени	$1,1I_{сог}^*$, где $I_{сог} = I_{к.вн. max}^{(3)}$
3	Токовая направленная защита	$I_{к.вн. max}^{(3)}$
4	Продольная дифференциальная защита	$I_{к.вн. max}^{(3)}$
5	В защитах на переменном оперативном токе для дежурных электромагнитов отключения УЛГ	$(1,4...1,8)I_{с.уат}K_I/k_{сх}^{(3)}$, где $I_{с.уат}$ – ток срабатывания электромагнита, равный 1,5-3,0 А. Если для этой цели использовано реле РТМ, то $I_{с.уат} = 5А$.

Кривые КПК для ТОЛ-10 показаны на рисунке (для 200/5 кривая 1):



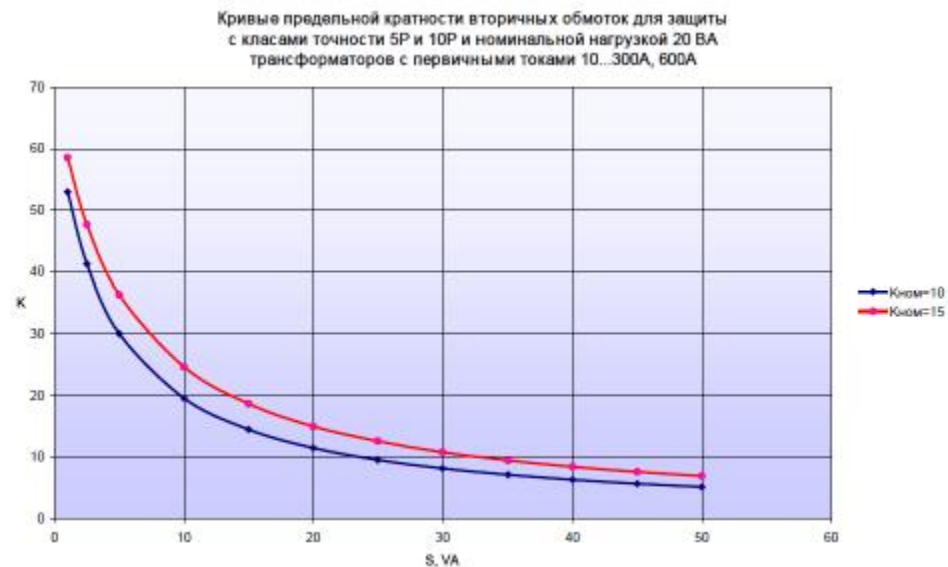
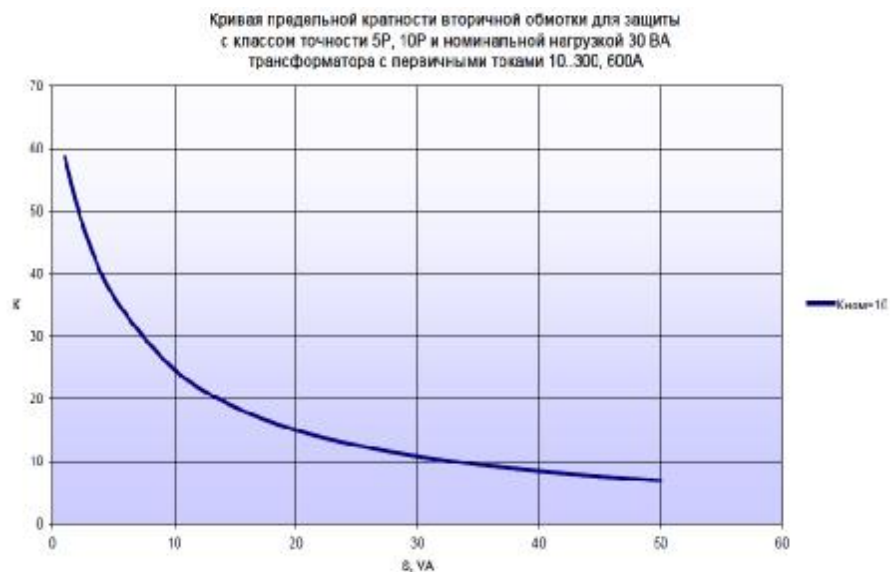
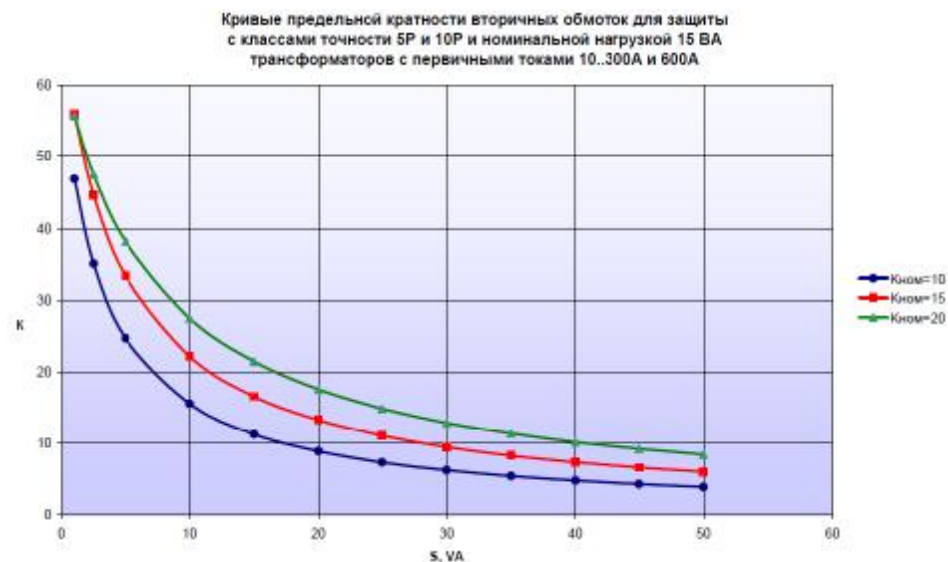
Итак, для ТПОЛ-10 200/5 выполняется условие:

$$Z_{н.расч} \leq Z_{н.доп}$$

Такой трансформатор тока пригоден к установке в камеру КСО нашей отходящей линии и обеспечит надежное срабатывание защит при заданных уставках реле.

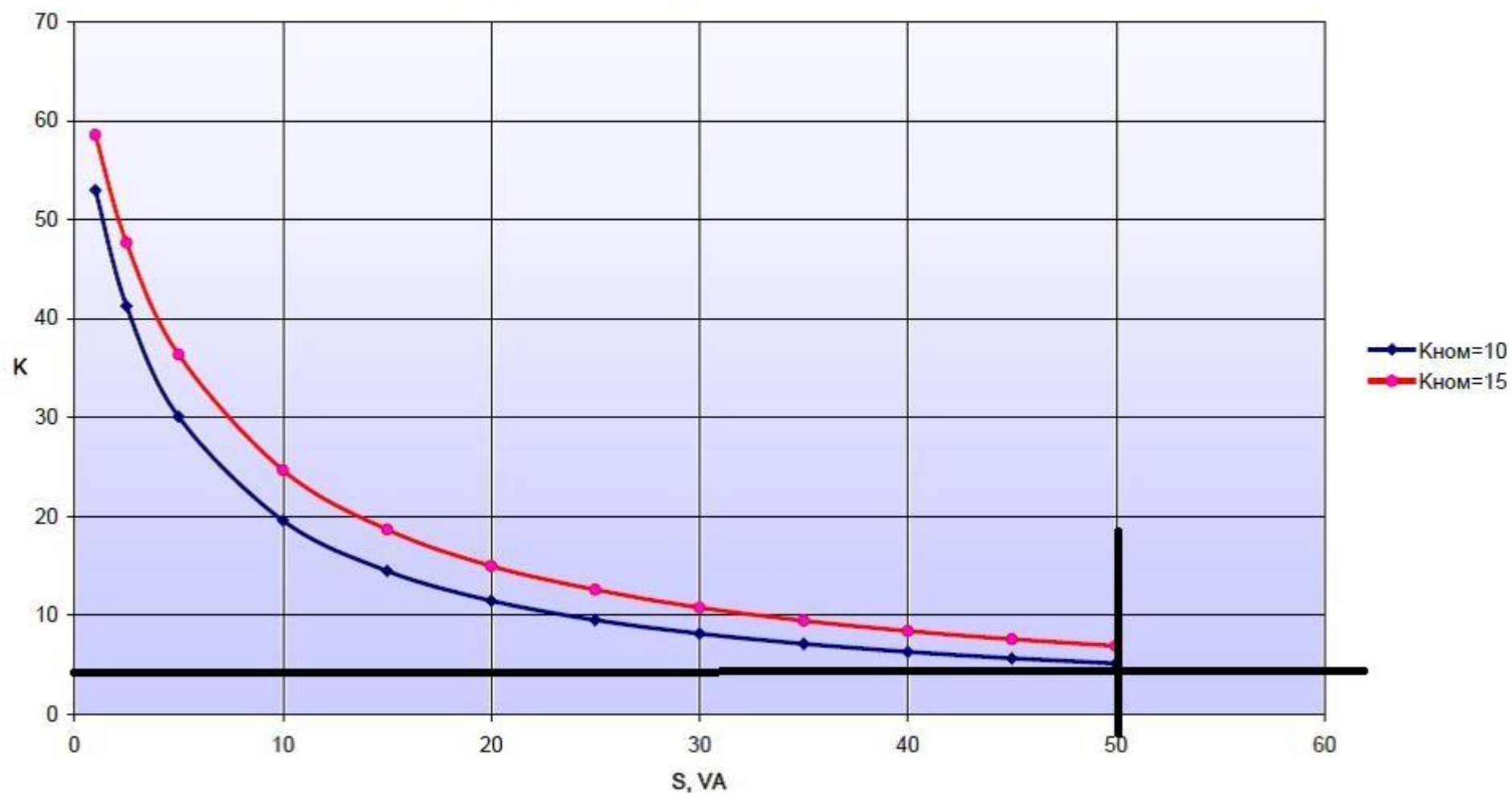
Выполним расчет для ТТ марки ТОЛ-СЭЩ-10.

Следует отметить, что изготовитель представляет разные кривые КПК в зависимости от номинальной мощности вторичной обмотки, т. е. необходимо выбрать и тип кривой:



Расчет производится студентами самостоятельно. Правильный ответ иллюстрирует рисунок:

Кривые предельной кратности вторичных обмоток для защиты
с классами точности 5P и 10P и номинальной нагрузкой 20 ВА
трансформаторов с первичными токами 10...300А, 600А



На ВЛ 10 кВ установлены КТП-304 и КТП-319, трансформаторы которых защищаются МТЗ и токовой отсечкой. По данной методике выберем трансформаторы тока для ячеек в КТП. Тип ТТ – ТОЛ-СЭЩ-10. Окончательно должно получиться так как показано на схеме:

Тип РТ 40:	
Токовая отсечка (ТО)	РТ40/20
МТЗ (ТВ)	РТ40/10

РП 10 кВ

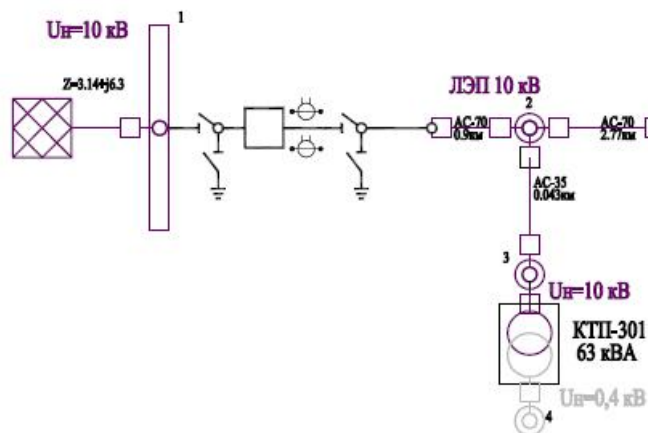
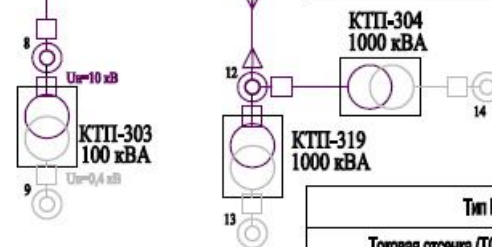


Схема ЛЭП

ЛЭП 10 кВ:	Is, A	Iop, A	t, c
Токовая отсечка (ТО)	640	16	0
МТЗ (ТВ)	200	5	1,0
Трансформаторы тока (***/5)		ТОЛ-СЭЩ-10 200/5	
Iраб.тах, A		100	
КТП-304:	Is, A	Iop, A	t, c
Токовая отсечка (ТО)	380	19	0
МТЗ (ТВ)	100	5	0,5
Трансформаторы тока (***/5)		ТОЛ-СЭЩ-10 100/5	
Iраб.тах, A		60	
КТП-319:	Is, A	Iop, A	t, c
Токовая отсечка (ТО)	380	19	0
МТЗ (ТВ)	100	5	0,5
Трансформаторы тока (***/5)		ТОЛ-СЭЩ-10 100/5	
Iраб.тах, A		60	

Тип РТ 40:	
Токовая отсечка (ТО)	РТ40/20
МТЗ (ТВ)	РТ40/10

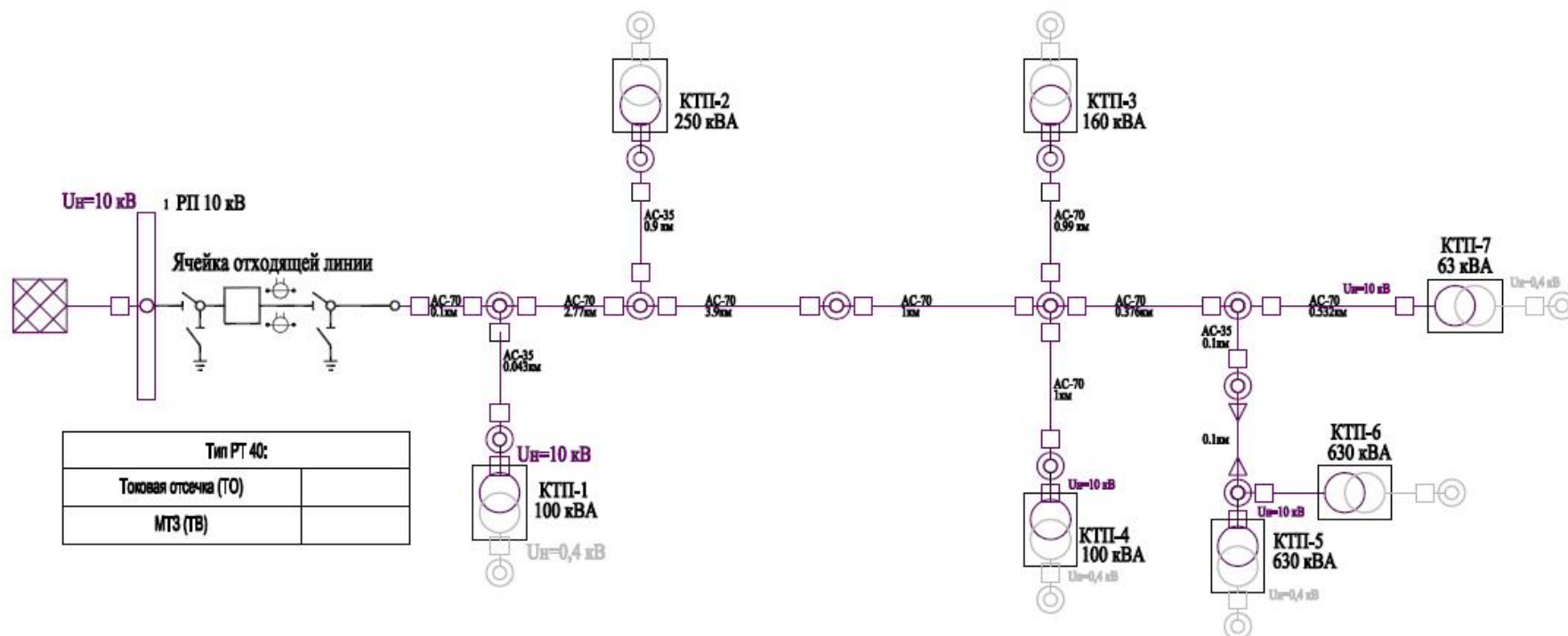


Тип РТ 40:	
Токовая отсечка (ТО)	РТ40/20
МТЗ (ТВ)	РТ40/10

Далее студентам предлагается самостоятельно выбрать трансформаторы тока для ячеек ЛЭП 6(10) кВ, параметры которых были рассчитаны на предыдущих занятиях.

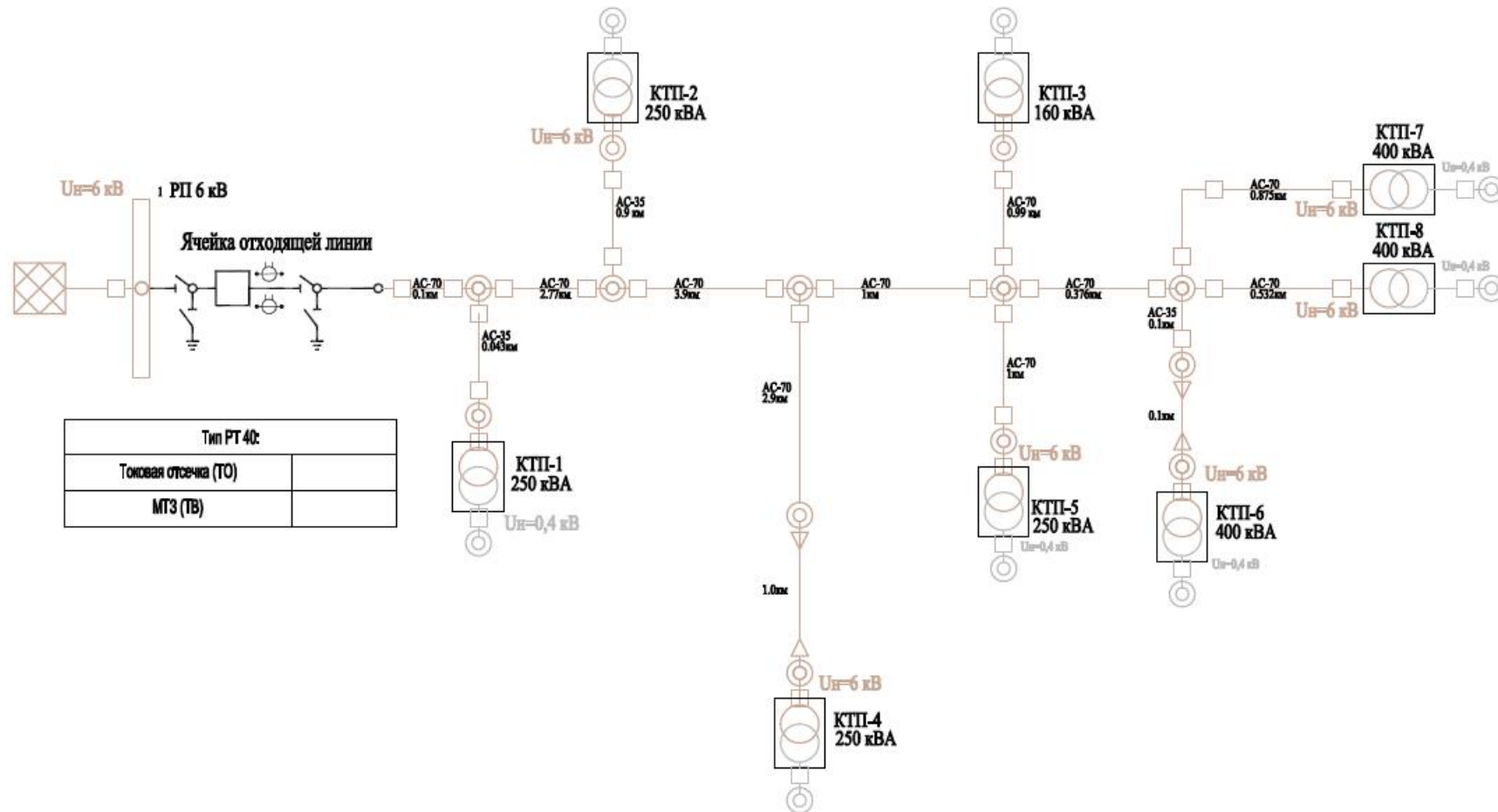
ВЛ-10 №1

	$I_{сз}, A$	$I_{ср}, A$	t, c
Токовая отсечка (ТО)			
МТЗ (ТВ)			
Трансформаторы тока (**/5)			
Ирб.лмх, A			



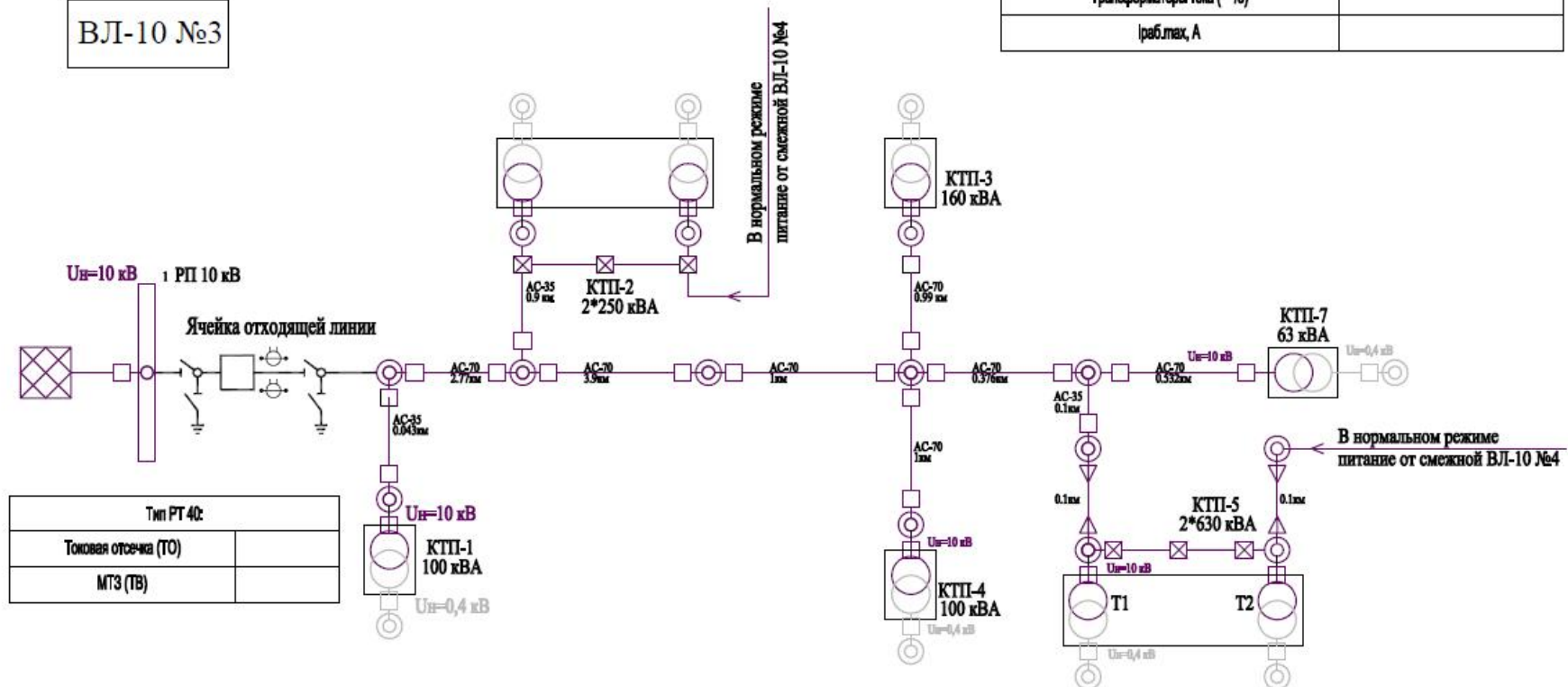
ВЛ-6 №2

	Isd, A	Icp, A	t, c
Токовая отсечка (ТО)			
МТЗ (ТВ)			
Трансформаторы тока (***/5)			
Iраб.тах, A			



ВЛ-10 №3

	Is, A	Icp, A	t, c
Токсовая отсечка (ТО)			
МТЗ (ТВ)			
Трансформаторы тока (***5)			
Iраб. max, A			



	I_{cs}, A	I_{cp}, A	t, c
Токовая отсечка (ТО)			
МТЗ (ТВ)			
Трансформаторы тока (***/5)			
$I_{раб.тах}, A$			

