

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова

Кафедра «Электроэнергетики и автоматики»

Дисциплина: «Релейная защита и автоматика»

## **Расчетно-графическая работа**

Тема: «Релейная защита распределительных сетей 10(6) кВ»

Вариант \_\_\_\_

Выполнил:

ст. группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Проверил:

\_\_\_\_\_

Белгород 2018

## Содержание

Задание и исходные данные .....	3
1. Выбор трансформаторов тока, характеристика КПК .....	5
2. Расчёт токовых защит .....	7
3. Заключение .....	9
4. Графическая часть. Расчетная схема .....	10
Список литературы.....	13

### Задание и исходные данные

1. Произвести выбор трансформаторов тока, коэффициентов трансформации трансформаторов тока в камере КСО и проверить их по кривым предельной кратности. Привести кривую предельной кратности трансформатора тока, на основании которой сделан выбор ТТ.
2. Произвести расчёт токовых защит (МТЗ и токовая отсечка). Выполнить выбор высоковольтных предохранителей (серии ПКТ), защищающих силовой трансформатор в КПП, установленных на ЛЭП. Построить карту селективности выбранных предохранителей и принятых уставок защиты. За время срабатывания защиты МТЗ принять  $t = 0,5$  с.
3. Сделать выводы о выбранном оборудовании.
4. Привести электрическую принципиальную схему камеры КСО.

Таблица 1

#### Исходные данные

Вариант ЛЭП	Тип трансформаторов тока	Тип выключателя в ячейке	Вариант подключения трансформаторов тока	Тип реле (МТЗ)	Тип реле (ТО)	Вариант задания
3	ТОЛ-СЭЩ-10	ВВТЕЛ-10-20/1000	Неполная звезда	Серии РТ-40	Серии РТ-40	5

## 1. Выбор трансформатора тока, характеристика КПК

Рассчитаем рабочий ток при том, что трансформаторы загружены на 70%:

$$I_{\text{раб}} = \frac{0,7 \cdot \sum S_{\text{тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{0,7 \cdot (160 + 100 + 250 + 400 + 160)}{\sqrt{3} \cdot 10} = 43,29 \text{ А}$$

По значению рабочего тока выбираем трансформатор тока номиналом 100/5. Дальнейшие расчёты проводим в программном комплексе Microsoft Excel, результаты которых представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты выбора коэффициентов трансформации ТТ, их проверка по КПК

Параметр		Значение
Место установки ТТ		Яч. КЛ №1
Назначение кернов		Для МТЗ, ТО
Коэффициент трансформации ТТ (перв./вторичн.)		100
		5
П <sub>ТТ</sub>		20
I(3)мах (значение 3-ф КЗ) или I(1)мах (значение 1-ф КЗ), I <sub>кз.мах</sub> , [А]		2030
I <sub>сз</sub> (значение сраб.защ.), [А] (уставка МТЗ, ТО, ЛЗШ)		850
Вид КЗ		3-х или 2-х фазное
Схема сборки ТТ ("звезда"-Y, "треугольник"-Δ)		Y
Значение тока срабатывания, I <sub>расч</sub> [А] (первичн./вторичн.)		I <sub>расч</sub> =1,1*I <sub>сз</sub>
		935
		46,75
Длина подключаемого провода, L, [м]		5
Сечение подключаемого провода, s, [мм.кв.]		2,5
Максимальная потребляемая мощность подключаемых устройств РЗА к втор.обмотке ТТ, [ВА]:		
Реле (терминал РЗА), S <sub>реле</sub>		8,6
Блок питания "Орион" (если есть), S <sub>бп</sub>		0
Блок управления выключателем (если есть), S <sub>бпвв</sub>		20
Амперметр (если есть), S <sub>а</sub>		0
Значение переходного сопротивления, R <sub>пер</sub> [Ом]		0,169
Сумм.сопротивление устр. РЗА, [Ом]	Z <sub>сумм</sub> =S <sub>сумм</sub> /I <sub>ном</sub> <sup>2</sup> =(S <sub>реле</sub> +S <sub>бп</sub> +S <sub>бпвв</sub> )/I <sub>ном</sub> <sup>2</sup>	1,144
Сопротивление провода, [Ом]	R <sub>пр</sub> =L×ρ/s	0,035
Расчитанное значение фактического сопротивления на обмотке ТТ, [Ом]		Z <sub>ф</sub> =R <sub>пр</sub> +Z <sub>сумм</sub> +R <sub>пер</sub>
		1,35
Фактическая мощность вторичной обмотки ТТ, [ВА]	S <sub>ф</sub> =Z <sub>ф</sub> *I <sub>ном</sub> <sup>2</sup>	33,70
Расчетная кратность	K(10)=1,1*I <sub>расч</sub> /I <sub>ном</sub>	10,3

первичного тока		
Номинальная мощность вторичной обмотки ТТ $S_{ном}$ , [ВА]		15
Выбор характеристики КПК, $K=f(Z)$ или $K=f(S)$		$K=f(S, [кВА])$
Допустимое сопротивление на вторичной обмотке (по кривой КПК $K=f(Z)$ ) $Z_{доп}$ , [Ом] или допустимая мощность на вторичной обмотке (по кривой КПК $K=f(S)$ ) $S_{доп}$ , [ВА]		40,00
Выполнение условия $Z_{ф} < Z_{доп}$ (или $S_{ф} < S_{доп}$ )		Выполняется

Найдем расчётную кратность первичного тока  $K_{(10)расч}$ :

$$K_{(10)расч} = \frac{1,1 \cdot I_{расч}}{I_{ном}} = \frac{1,1 \cdot 935}{100} = 10,3 ;$$

где  $I_{расч} = I_{СЗ}^{ТО} = 935 \text{ А}$ .

Находим на кривой предельной кратности ТТ допустимую мощность на вторичной обмотке.

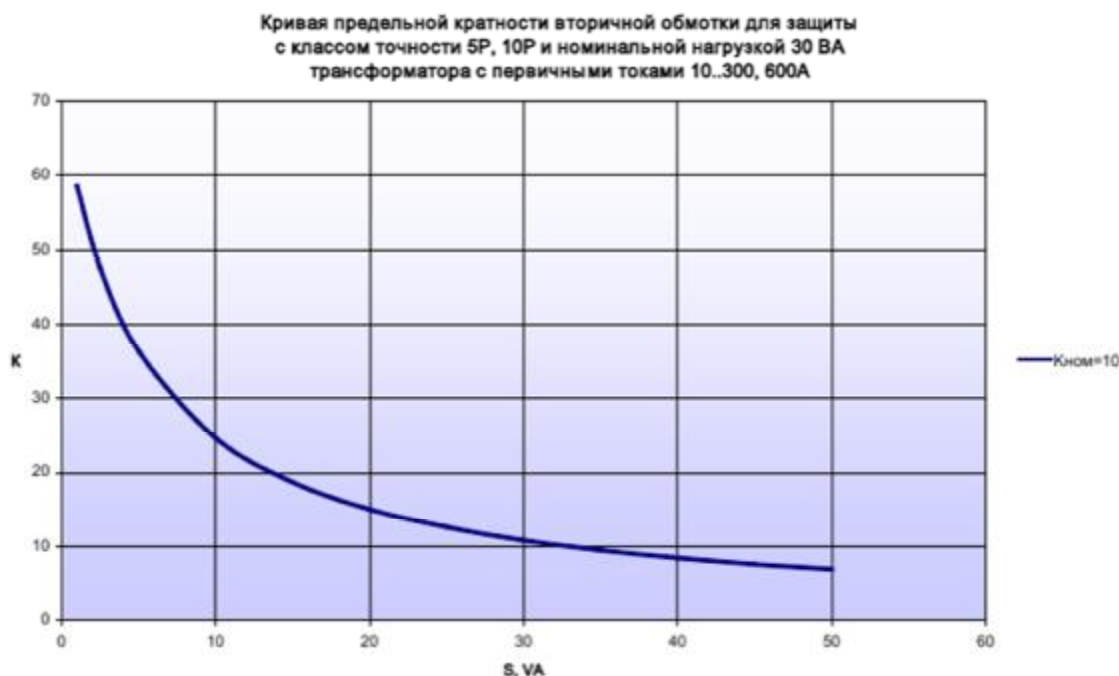


Рис. 1. Кривая предельной кратности ТОЛ-СЭЩ-10

Допустимая мощность на вторичной обмотке (по кривой КПК  $K=f(S)$ ) 40 ВА.

## 2. Расчёт токовых защит

Выполним выбор высоковольтных предохранителей (серии ПКТ), защищающих силовой трансформатор в КТП, установленных на ЛЭП. Расчёты для удобства приводим в программном комплексе Microsoft Excel. Результаты занесены в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты расчёта токовых защит (МТЗ и токовая отсечка)

Параметр				Значение	
				ОЛ	
Номинальное напряжение, $U_n$ , [кВ]				10	
ТКЗ максимальный в месте установки защиты, $I(kз3)_{max}$ , [А]				2030	
ТКЗ минимальный в месте установки защиты, $I(kз2)_{min}$ , [А]				1760	
Рабочий ток. $I_{раб}$ , [А]				43,29	
Расчитанная величина $4\&5*\sum I_{ном}$ , А				194,80	
ТКЗ максимальный в конце защищаемого участка, $I(kз3)_{max}$ , [А]				760	
ТКЗ минимальный в конце защищаемого участка, $I(kз2)_{min}$ , [А]				658	
Максимальный ток 3-фазного КЗ на стороне НН, $I_{k3\ max}$ , [кА]				12,5	
Ток 3-фазного КЗ, приведенный к стороне ВН, [А]				500	
коэффициент надежности отстройки, $K_n$				1,1	
коэффициент схемы, $K_{сх}$				1	
коэффициент самозапуска, $K_{сз}$				1,3	
коэффициент возврата максимальных реле тока, $K_v$				0,8	
Коэффициент трансформации трансформаторов тока $K_{тт}=I_{внТТ}/I_{ннТТ}$				20	
$I_{внТТ}$ , А				100	
$I_{ннТТ}$ , А				5	
Уставка МТЗ высшей ступени, $t_{вс}$ , с				1,2	
Минимальное значение, $\Delta t$ , с				0,4	
Степень	Параметр срабатывания	Условие выбора	Расчет	Расчетное значение	Принятое значение
1 ступень - ТО	$I_{сз(ТО)}$	Отстройка от максимального тока КЗ	$I_{сз}=K_n*I_{кз\ max}$ , А	836	850
	Отстройка от бросков тока намагничивания трансформаторов, включаемых на «холостой ход».		$I_{сз}>5*\sum I_{ном}$ , А	195	
	Отстройка от максимального тока КЗ на стороне НН приведенного на сторону ВН.		$I_{сз}>I(kз3)_{max\ н.н\ прив}*1,3$	650	
	Определение коэффициента чувствительности ТО		$K_{чув(мах)}=I_{кз(3)мах}/I_{сз(ТО)}$	2,39	> 1,2
				Чувствительность обеспечивается	

		Значение уставки во вторичных величинах	$I_{cp}=I_{c3}/K_{TT}$	42,50	
		Уставка времени срабатывания ТО , $t_{то}$ , с		0,0	
2 ступень - МТЗ	$I_{c3}(MTЗ)$	Несрабатывание при токах послеаварийных перегрузок	$K_n * K_{c3п} * I_{нагр} / K_v$	77	340
	Определение коэффициента чувствительности МТЗ		$K_{чув(мин)}=I_{к3(2)мин}/I_{c3}(MTЗ)$	2,6	> 1,5
				Чувствительность обеспечивается	
			Значение уставки во вторичных величинах	$I_{cp}=I_{c3}/K_{TT}$	12,50
		Уставка времени срабатывания ТВ , $t_{тв}$ , с	$t_{тв}=t_{твBC} - n * \Delta t$ , п - кол.-во ступеней	0,2	0,5
Примечания:				Селективно с нижестоящими защитами	
				Кратность ТТ < 15 обеспечивается	

Построим карту селективности выбранных предохранителей и принятых уставок защиты:

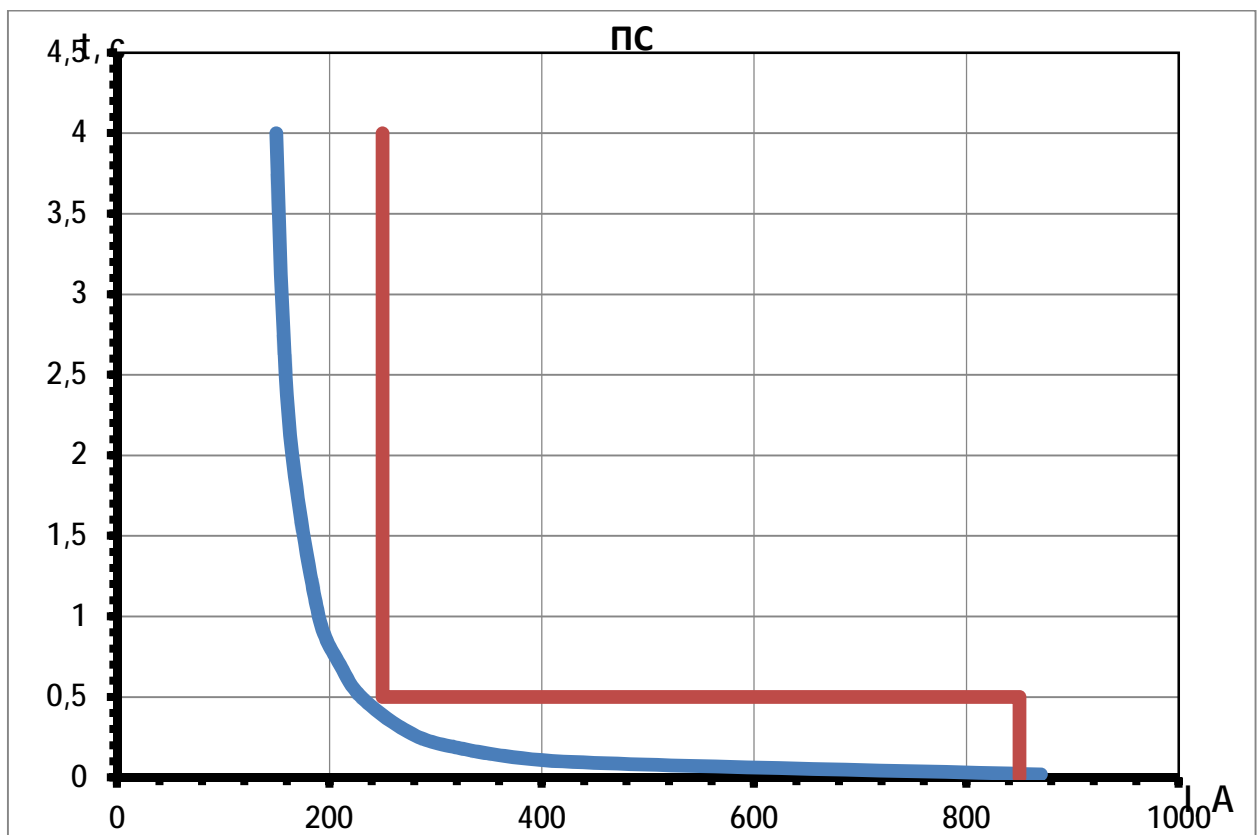


Рис. 2. Карта селективности предохранителей и уставок защит

## **Список литературы**

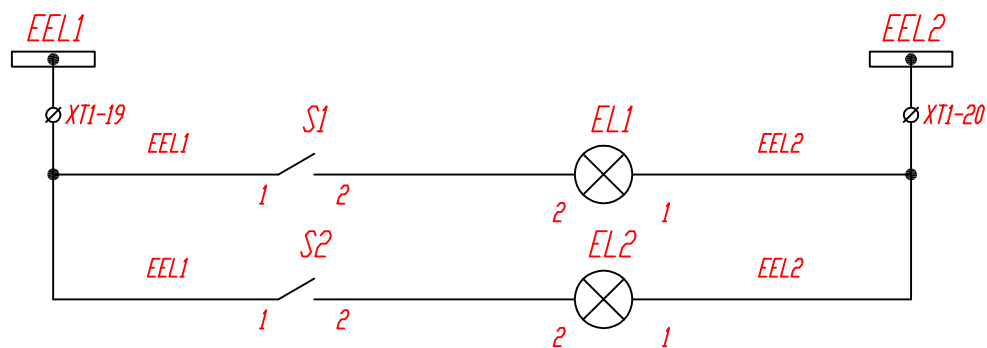
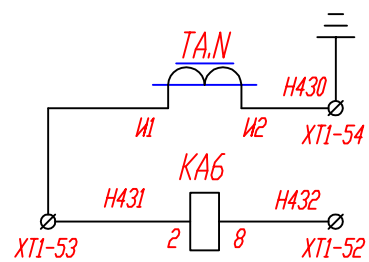
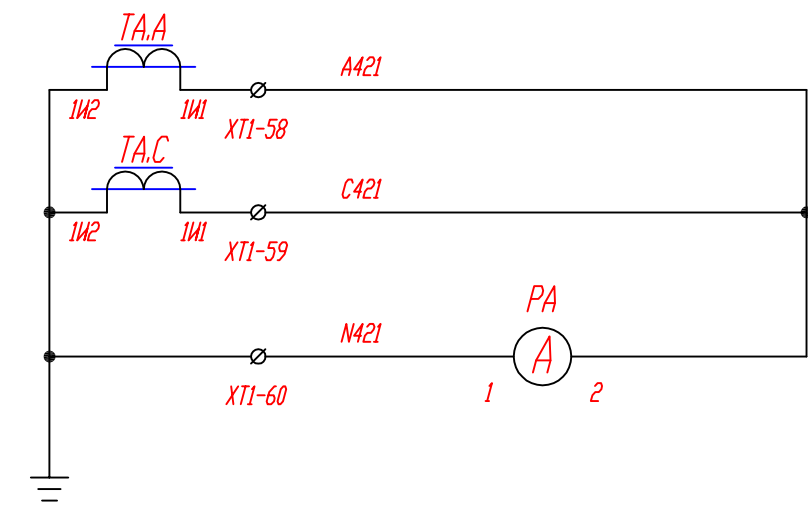
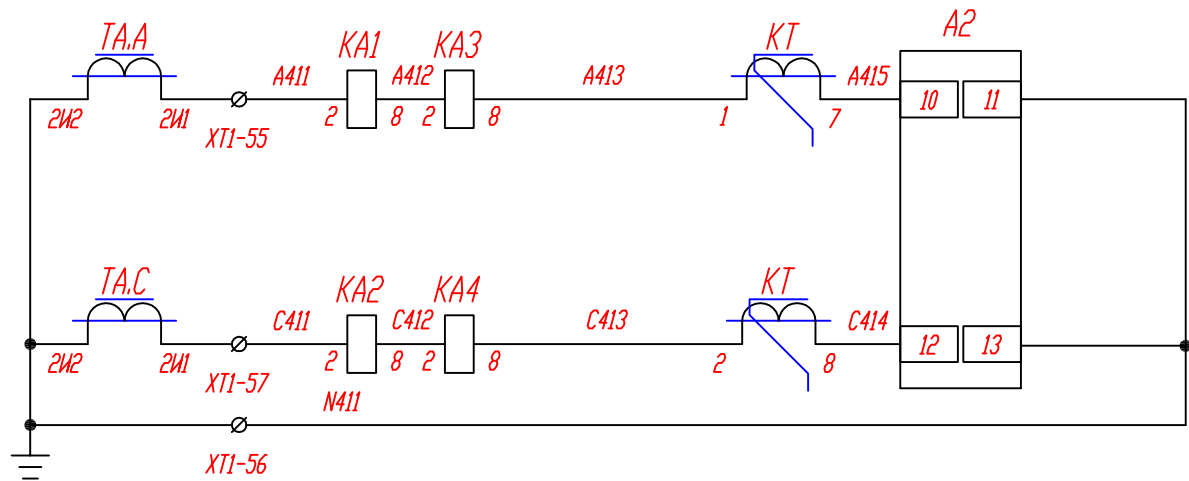
1. Королев Е.П. Либерзон Э. М. Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты. Москва, «Энергия», 1980 г.
2. Трансформаторы тока ТОЛ-СЭЩ-10. Техническая информация. ОРТ.135.001 ТИ. Разработчик ГК «Самара Электрощит».
3. М. А. Шабад. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. Монография. СПб. ПЭИПК, 2003 г.
4. М. А. Шабад. Защита трансформаторов 10 кВ. М., Энергоатомиздат, 1989 г.

## Заключение

По результатам расчёта задания 1 был выбран коэффициент трансформации трансформатора тока ТОЛ-СЭЩ-10-0,5/10р в камере КСО, выполнена проверка по кривым предельной кратности, следовательно, трансформатор тока ТОЛ-СЭЩ-10-0,5/10р с коэффициентом трансформации 100/5 пригоден к установке, т. к. выполняется условие  $S_{\phi} < S_{\text{доп}}$ .

Так же был произведён расчёт токовых защит МТЗ и токовой отсечки, выбраны предохранители, защищающие силовой трансформатор в КПП, откуда следует, что чувствительность для выбранных защит обеспечивается, т. к. коэффициенты чувствительности больше нормативных. Построена карта селективности, где видно, что селективность выполняется для выбранных предохранителей и уставок защит МТЗ и токовой отсечки.

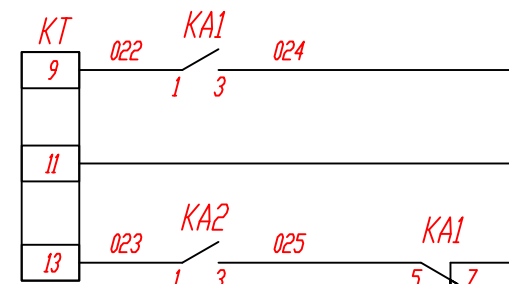
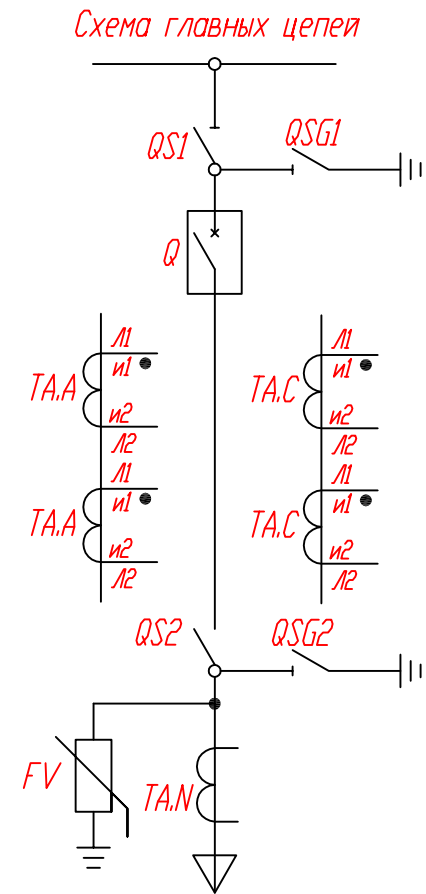
**Графическая часть:**



Максимальная  
токовая защита,  
токовая отсечка,  
питание реле защиты

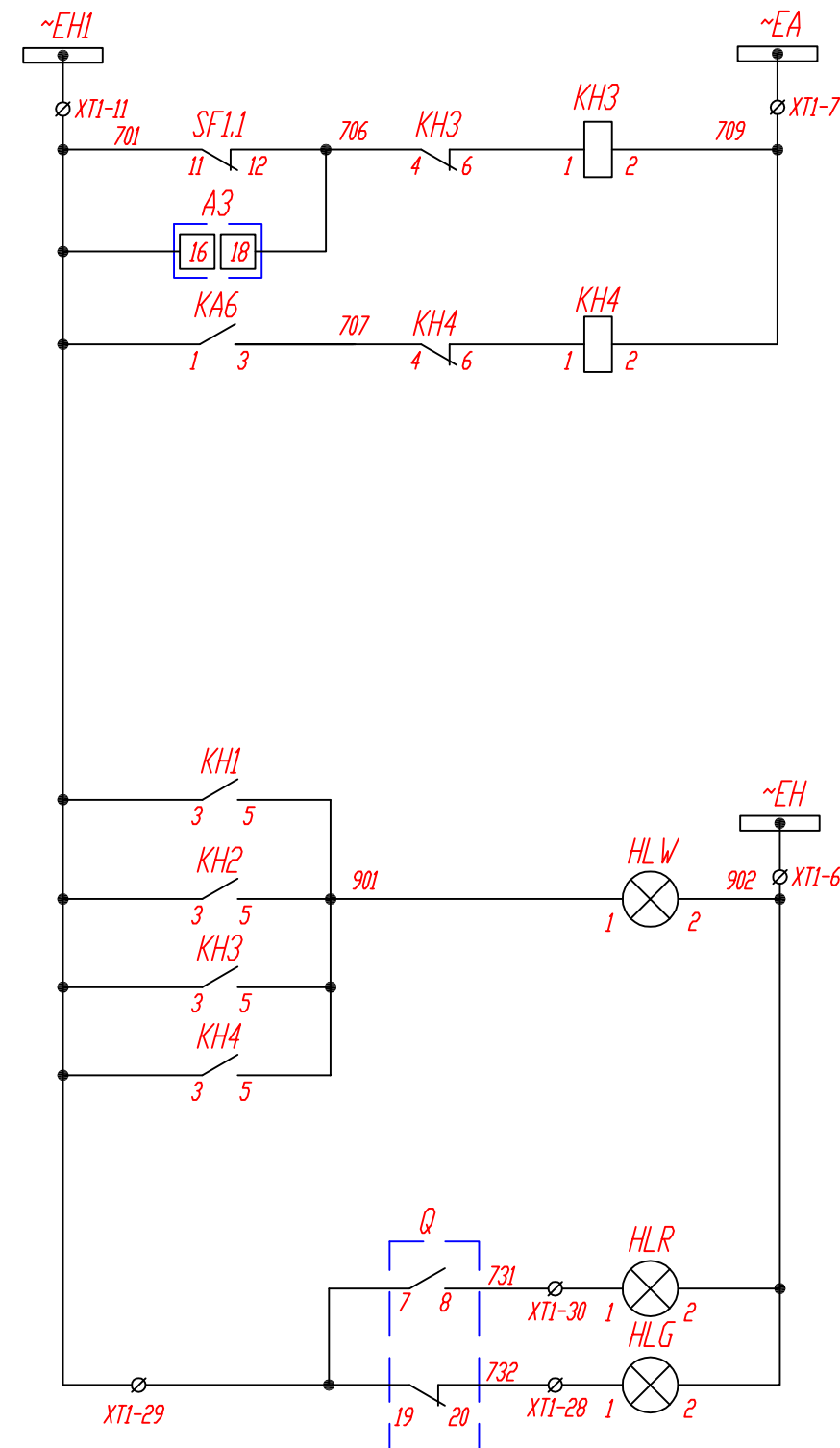
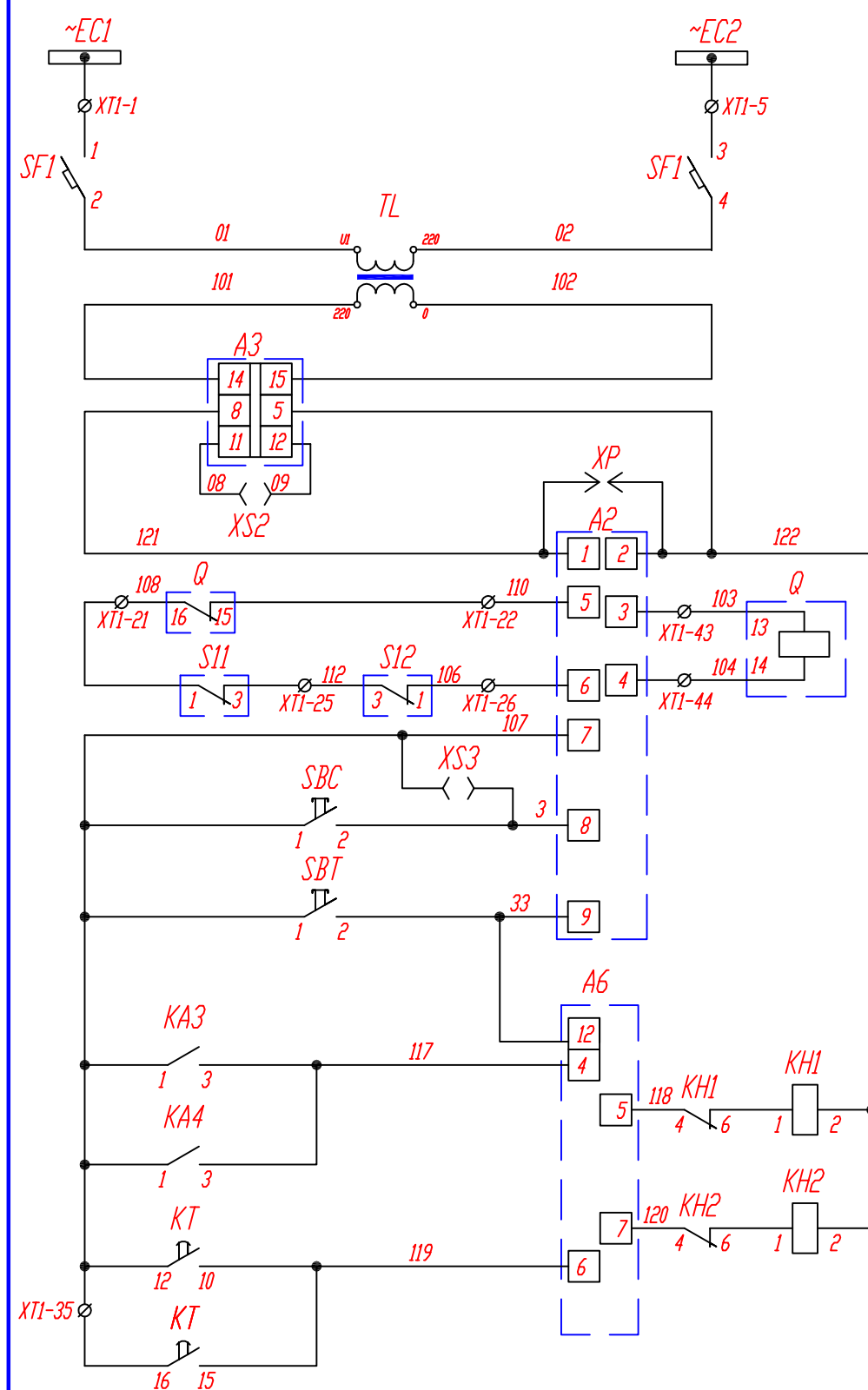
Амперметр

Земляная защита



Реле времени МТЗ

РГЗ 13.03.02-109142036-2018					Блочная компонентная трансформаторная подстанция серии "ЭКТА" в утепленном корпусе типа "Сэндвич" с двумя трансформаторами мощностью до 1600 кВА			Литера			Масса			Масштаб		
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Релейная защита распределительных сетей 6 (10) кВ. Графическая часть.			У								
Разраб.																
Пров.																
Конс.																
Н. контр.																
Утв.																



					РГЗ 13.03.02-109142036-2017				
Изм	Лист	№ документ.	Подпись	Дата	Блочная компонентная трансформаторная подстанция серии "ЭКТА" в утепленном корпусе типа "Сэндвич" с двумя трансформаторами мощностью до 1600 кВА	Литера		Масса	Масштаб
						У			
						Лист 2		Листов 3	
						Релейная защита распределительных сетей 6 (10) кВ. Графическая часть.			

Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
QS1, QS2	Разъединитель	2	
TAA, TAC	Трансформатор тока ТОЛ-СЭЩ-10-0,5/10Р-20-200/5	2	
Q1	Выключатель вакуумный ВВ/TEL-10-20/1000-У2-048	1	
TAN	Трансформатор тока нулевой последовательности ТЗЛМ 1	1	
РА	Амперметр	1	
A2	Блок управления ВU/TEL-220-05А	1	
A3	Блок питания ВР/TEL-220-02А	1	
A6	Плата размножения PR/TEL-220-03А	1	
TL	Трансформатор ОСМ-0,063 220/220 УЗ	1	
SF1	Выключатель автоматический ВА47-29 2Р 2с	1	
SF1.1	Контакт состояния КС47 ИЭК	1	
SBT	Выключатель кнопочный КЕ-011 (черный), исп.2	1	
SBC	Выключатель кнопочный КЕ-011 (красный), исп.2	1	
KA1, KA2	Реле тока РТ-40/10 п/п	2	
KA3, KA4	Реле тока РТ-40/50 п/п	2	
KA5	Реле тока РТ-40/0,2	1	
KT	Реле времени РСВ-13-18-5	1	
KN1, KN2	Реле указательное РЭПУ 12М 101-1	2	
KN3, KN4	Реле указательное РЭПУ 12М 101-1 =220В		
HLW	Лампа СКЛ-14 ~220В желтая ~0,1А	1	
HLG	Лампа СКЛ-14 ~220В зеленая	1	
HLR	Лампа СКЛ-14 ~220В красная	1	
EL1, EL2	Патрон Е27 ФП-01 ГОСТ 2746.1-88	2	
S11, S12	Блокиратор ТЩАГ 442.611.030 СБ	2	
S1, S2	Выключатель С-01-6,3	2	
XP	Вилка Wago	1	
X55-X62	Зажим ЗН24 - 4И25-2В/2В УЗ	8	

Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
XS2	Розетка низковольтная специальная	1	
XS3	Розетка бытовая	1	
X1-X54	Зажим ЗН24 - 4П25-2В/2В УЗ	60	
XP	Вилка Wago	1	
X55-X62	Зажим ЗН24 - 4И25-2В/2В УЗ	8	

					РГЗ 13.03.02-109142036-2018			
					Блочная компонентная трансформаторная подстанция серии "ЭКТА" в утепленном корпусе типа "Сэндвич" с двумя трансформаторами мощностью до 1600 кВА	Литера	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ документ.	Подпись	Дата		У		
Разраб.						Лист 3		
Пров.						Листов 3		
Конс.					Релейная защита распределительных сетей 6 (10) кВ. Графическая часть.	БГТУ им. В.Г.Шухова гр.		
Н. контр.								
Утв.								